

佛山照明禅城总部厂区中区地块 土壤污染修复效果评估报告

(备案稿)

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

二〇二五年三月

目录

佛山照明禅城总部厂区中区地块.....	1
土壤污染修复效果评估报告.....	1
第 1 章 前言.....	6
1.1. 项目概述.....	6
1.2. 项目背景.....	6
第 2 章 编制依据与工作路线.....	10
2.1. 法律法规及政策文件.....	10
2.2. 标准规范.....	10
2.3. 项目文件.....	12
2.4. 术语和定义.....	13
2.5. 技术路线.....	13
第 3 章 地块概况.....	16
3.1. 地块基本情况.....	16
3.1.1. 地块地理位置.....	16
3.1.2. 地块历史.....	16
3.1.3. 地块规划.....	17
3.1.4. 地块周边敏感点.....	18
3.1.5. 地质地貌.....	18
3.1.6. 地块周边地表水水系.....	23
3.1.7. 地下水功能区划.....	23
3.2. 地块调查评估情况.....	23
3.2.1. 地块初步调查结论.....	23
3.2.2. 地块详细调查结论.....	24
3.2.1. 地块风险评估结论.....	25
3.3. 地块修复方案.....	27
3.3.1. 修复范围及工程量.....	27
3.3.2. 中区地块环境管理土范围及工程量.....	29

3.3.3. 修复目标值.....	30
3.3.4. 修复技术路线.....	31
3.3.5. 施工平面布置.....	32
3.4. 地块修复实施情况.....	34
3.4.1. 修复工程概况.....	34
3.4.2. 修复施工准备工作.....	40
3.4.3. 基坑清挖.....	42
3.4.4. 基坑红线侧壁处置情况说明.....	74
3.4.5. 污染土壤转运及堆存.....	75
3.4.6. 污染土壤修复.....	87
3.4.7. 建筑垃圾及筛上物冲洗处理.....	91
3.4.8. 水泥窑协同处置.....	92
3.4.9. 危险废物处置.....	96
3.4.10. 基坑回填.....	98
3.4.11. 土方平衡.....	100
3.4.12. 《施工阶段总结》报告结论.....	102
3.5. 地块环境监理情况.....	116
3.5.1. 监理基本情况.....	116
3.5.2. 施工期环境监理要点.....	117
3.5.3. 施工准备阶段环境监理.....	119
3.5.4. 第一阶段环境监理.....	120
3.5.5. 第二阶段环境监理.....	124
3.5.6. 活性炭及污泥处置情况.....	132
3.5.7. 环境监测工作情况.....	132
3.5.8. 环境问题及处理情况.....	135
3.5.9. 修复工程环境影响分析.....	136
3.5.10. 环境监理总结.....	139
第 4 章 地块概念模型.....	141
4.1. 资料回顾.....	141

4.2.	现场踏勘.....	143
4.3.	更新地块概念模型.....	143
4.3.1.	概念模型相关信息.....	143
4.3.2.	地块概念模型分析与更新总结.....	144
第 5 章	效果评估总体介绍.....	145
5.1.	分阶段效果评估情况介绍.....	145
5.1.1.	对象及时间节点.....	145
5.2.	采样检测效果评估对象布点采样原则.....	146
5.2.1.	基坑与侧壁效果评估原则.....	146
5.2.2.	疑似污染土布点采样.....	149
5.2.3.	建渣与筛上物布点采样.....	150
5.2.4.	热脱附后修复土布点采样.....	150
5.2.5.	二次污染区布点采样.....	151
第 6 章	第一阶段效果评估.....	152
6.1.	第一阶段效果评估方案.....	152
6.1.1.	评估内容.....	152
6.1.2.	第一阶段基坑和侧壁效果评估.....	153
6.1.3.	第一阶段疑似污染土效果评估.....	157
6.1.4.	第一阶段建渣与筛上物效果评估.....	161
6.2.	第一阶段现场采样与实验室检测.....	163
6.2.1.	样品采集.....	163
6.2.2.	现场质量控制.....	165
6.2.3.	实验室检测.....	165
6.3.	第一阶段效果评估结果.....	169
6.3.1.	第一阶段基坑清挖效果评估.....	169
6.3.2.	建筑垃圾及筛上物效果评估.....	170
6.3.3.	疑似污染土效果评估.....	170
6.3.4.	修复工程实施情况审核结论.....	170
6.3.5.	污染防治效果评估结论.....	170

6.3.6. 第一阶段修复效果评估结论.....	171
6.3.7. 综合结论.....	172
第 7 章 第二阶段效果评估.....	173
7.1. 第二阶段效果评估方案.....	173
7.1.2. 污染土壤异位热脱附修复效果评估.....	176
7.1.3. 第二阶段疑似污染土效果评估.....	176
7.1.4. 第二阶段建渣与筛上物效果评估.....	177
7.1.5. 潜在二次污染区域土壤监测评估.....	178
7.1.6. 水泥窑协同处置效果评估.....	182
7.1.7. 危险废物处置效果评估.....	182
7.2. 第二阶段现场采样与实验室检测.....	187
7.2.1. 样品采集.....	187
7.2.2. 样品保存与流转.....	188
7.2.3. 现场质量控制.....	189
7.2.4. 实验室检测.....	190
第 8 章 第二阶段效果评估结果.....	193
8.1. 污染土壤基坑清挖效果评估.....	193
8.2. 污染土壤异位修复效果评估.....	195
8.3. 第二阶段疑似污染土效果评估.....	195
8.4. 第二阶段建筑垃圾和筛上物效果评估.....	195
8.5. 潜在二次污染区效果评估.....	195
8.5.1. 效果评估结论.....	196
8.6. 水泥窑协同处置效果评估.....	196
8.7. 危险废物清理效果评估.....	197
8.8. 第二阶段效果评估小结.....	197
8.8.1. 修复工程实施情况审核结论.....	197
8.8.2. 污染防治效果评估结论.....	198
8.8.3. 第二阶段修复效果评估结论.....	199
第 9 章 结论与建议.....	200

9.1.	效果评估结论.....	200
9.1.1.	阶段性效果评估结论.....	200
9.1.2.	本阶段效果评估结论.....	201
9.1.3.	效果评估总体结论.....	203
9.2.	后期环境管理建议.....	205

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

修复修复单位：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

第一阶段效果评估评审通过时间：2024 年 10 月 31 日

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”项目联合体修复单位。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》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，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，《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。修复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。

本项目中区地块内大部分面积为污染区域，现场临建可利用区域极为有限。经核算，地块红线内可建设堆场区域（非土方开挖区）不能满足一次性土、石方堆置待检需要，需进行分阶段（第一阶段和第二阶段）土方开挖，以满足现场土方堆置流转需要。本项目采取分阶段效果评估的方式缓解施工布局受限问题。

截止 2024 年 9 月，修复单位已经完成了中区地块第一阶段的修复工作。基于此，效果评估单位对以下第一阶段施工内容开展了效果评估工作：①2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑、6A#基坑、6B#基和 7#基坑的清挖效果；②清挖 2#-7#基坑和 12A#-1 面层污染土壤产生的扩挖疑似污染土/夹层疑似污染土；③清挖 2#-7#基坑和 12A#-1 面层污

染土壤产生的建筑垃圾及筛上物冲洗后的堆体。

效果评估单位编制完成《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》（以下简称《阶段效果评估报告》）后，于 2024 年 10 月 31 日通过专家评审。效果评估单位按照专家评审意见对报告进行修改完善并完成备案。

第二阶段修复施工于 2024 年 12 月完成，并于 2025 年 1 月完成项目重金属污染土壤水泥窑协同处置。效果评估单位对剩余基坑清挖、筛上物冲洗、疑似污染土壤、潜在二次污染区域和水泥窑协同处置等内容开展了效果评估工作，编制了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复效果评估报告》（以下简称《效果评估报告》），并于 2024 年 10 月 31 日通过专家评审。效果评估单位根据评审意见对《效果评估报告》进行修改完善，形成备案稿，作为该地块下一步环境管理工作的依据。

第2章 编制依据与工作路线

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) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 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（2025 年版）》（2025 年 1 月）；
- (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) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 253 号）（2017 年 7 月）；
- (11) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（[2016]31 号）；
- (12) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部令第 42 号）；
- (13) 《广东省环境保护条例》（2018 年 11 月修订）；
- (14) 《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）；
- (15) 《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) 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；
- (17) 《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）；
- (18) 《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）；
- (19) 《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）；
- (20) 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）；
- (21) 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；

（22）《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）；

（23）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》及专家评审意见；

（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》及专家评审意见；

（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》及专家评审意见；

（4）《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤修复技术方案》及专家评审意见；

（5）《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》及专家评审意见；

（6）《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》；

（7）《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》；

（8）《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》及专家评审意见；

（9）《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》及专家评审意见；

（10）《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》及专家评审意见；

（11）《佛山照明禅城总部厂区中区地块污染土壤（危险废物）清理完成情况验收

报告》及专家评审意见；

(12) 其他相关资料。

2.4. 术语和定义

1. 虚侧壁

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。针对污染边界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。

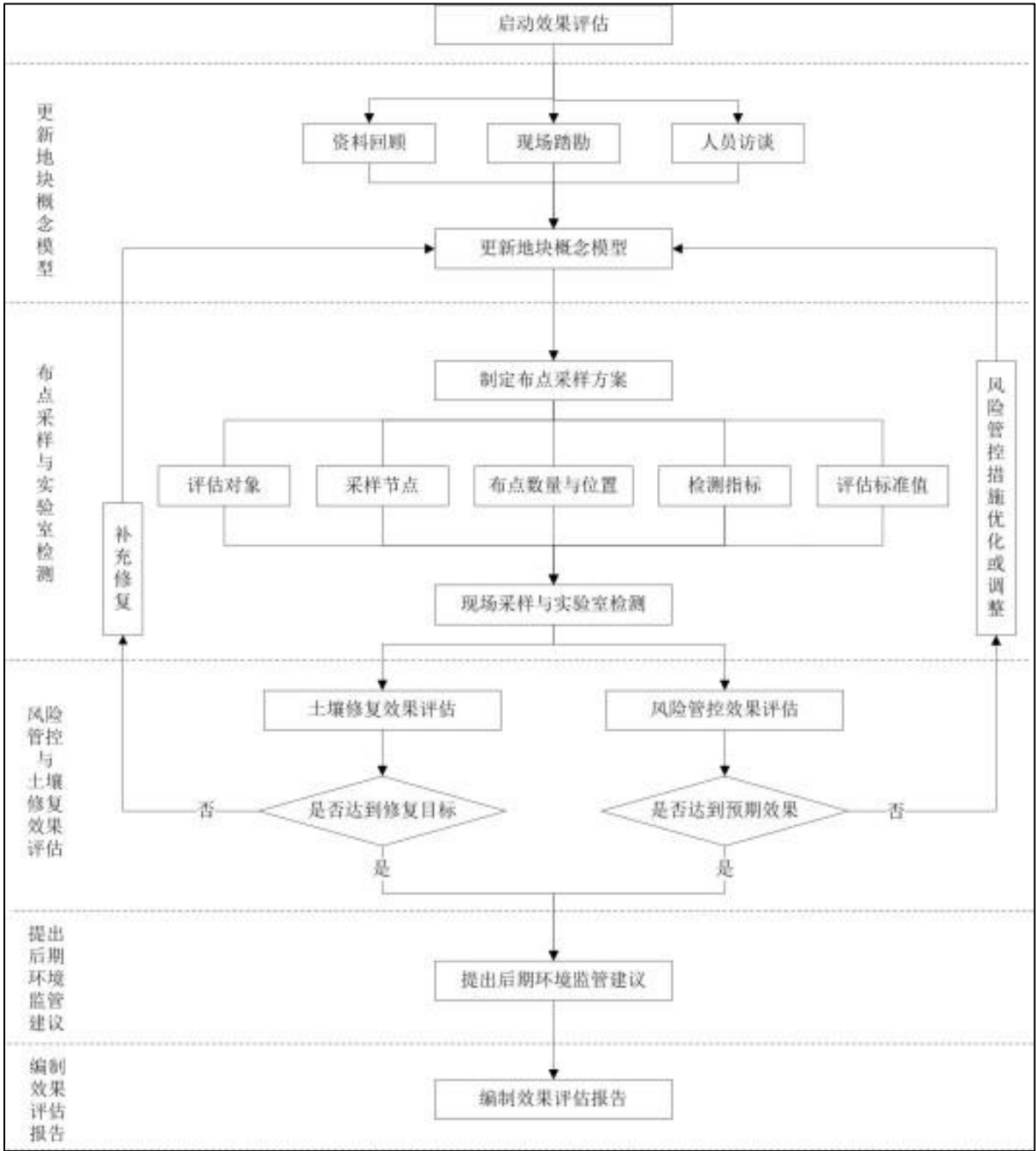


图2.5-1 修复效果评估工作程序

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。

根据收储红线划将原调查地块分区域调查，区域边界与收储红线保持一致。佛山照明禅城总部厂区共分为三个地块（北区、中区和南区），此前土地使用权人佛山电器照明有限公司已委托有关单位分别对三个区域开展土壤污染状况调查。并针对北区、中区地块污染土壤修复进行招标。

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。

3.1.2. 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。

具体的历史变迁和地块权属变化情况见下表。

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

3.1.3. 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。

3.1.4. 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

3.1.5. 地质地貌

3.1.5.1. 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）。

3.1.5.2. 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。地块水文地质概况

3.1.5.3. 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。

3.1.5.4. 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。

3.1.5.5. 地下水流向

根据详细调查中监测井的水位监测记录，中区地块地下水径流方向为自西北向东南。

3.1.6. 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。

3.1.7. 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。

3.2. 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。

3.2.1. 地块风险评估结论

3.2.1.1. 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。

3.2.1.2. 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。							

3.2.1.3. 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3.3-1 第一类用地区域土壤修复工程量

土壤污染类型	深度 (m)	面积 (m ²)	修复土方量 (m ³)	修复技术
砷、铅、钨、钼	0-1.0	15315.8	15315.8	水泥窑协同处置
汞	0-1.0	5392.1	5392.1	异地热脱附
氟化物	0-1.0	127.6	127.6	水泥窑协同处置
石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	0-1.0	192.1	192.1	水泥窑协同处置
砷、铅、汞	0-1.0	1576.5	1576.5	异地热脱附+水泥窑协同处置
砷、氟化物	0-1.0	792.1	792.1	水泥窑协同处置
汞、石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	0-1.0	770.9	770.9	异地热脱附
砷、铅、钨、钼	1.0-2.0	12953.3	12953.3	水泥窑协同处置
汞	1.0-2.0	3039.2	3039.2	异地热脱附
铅、汞	1.0-2.0	213.0	213.0	异地热脱附+水泥窑协同处置

砷、铅、钼、氟化物	1.0-2.0	1638.7	1638.7	水泥窑协同处置
砷、铅、钨、苯并（a） 芘、二苯并（a, h）蒽	1.0-2.0	217.2	217.2	水泥窑协同处置
砷、铅、钨、苯并（a） 芘、二苯并（a, h） 蒽、氟化物、石油烃 （C ₁₀ -C ₄₀ ）	1.0-2.0	242.9	242.9	水泥窑协同处置
砷、铅、钨、钼	2.0-3.0	5948.9	5948.9	水泥窑协同处置
石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	2.0-3.0	1302.2	1302.2	水泥窑协同处置
砷、铅、石油烃（C ₁₀ - C ₄₀ ）	2.0-3.0	442.8	442.8	水泥窑协同处置
钨	3.0-4.0	242.9	242.9	水泥窑协同处置
汞	3.0-4.0	1692.4	1692.4	异地热脱附
钨	4.0-5.0	242.9	242.9	水泥窑协同处置
钨	5.0-6.0	994.8	994.8	水泥窑协同处置
钨	6.0-7.0	242.9	242.9	水泥窑协同处置
合计	砷、铅、钨、钼		35941.5	水泥窑协同处置
	汞		10123.7	异地热脱附
	氟化物		127.6	水泥窑协同处置
	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）		1494.3	水泥窑协同处置
	砷、铅、汞		1789.5	异地热脱附+水泥窑协 同处置
	砷、铅、钼、氟化物		2430.8	水泥窑协同处置
	砷、铅、钨、苯并（a） 芘、二苯并（a, h）蒽		660.0	水泥窑协同处置
	汞、石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）		770.9	异地热脱附
	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	水泥窑协同处置

总计	53581.2	/
----	---------	---

表3.3-2 第二类用地区域土壤修复工程量

土壤污染类型	深度 (m)	面积 (m ²)	修复土方量 (m ³)	修复技术
砷	0-1.0	1735.7	1735.7	水泥窑协同处置
汞	0-1.0	947.3	947.3	异地热脱附
砷、铅、钨	1.0-2.0	2326.7	2326.7	水泥窑协同处置
砷	2.0-3.0	118.4	118.4	水泥窑协同处置
合计	砷、铅、钨		4180.8	水泥窑协同处置
	汞		947.3	异地热脱附
	总计		5128.1	/

3.3.2. 中区地块环境管理土范围及工程量

依据《风险评估报告》，本地块土壤镍不存在人体健康风险，不需进行修复管控，但第一类用地区域存在部分土壤镍含量超过第一类用地筛选值，且不在土壤修复范围内，该部分土壤定义为第一类用地环境管理土。此外，依据《风险评估报告》，地块规划第二类用地范围内，部分区域的钨、汞浓度超过了第一类用地筛选值，且不在土壤修复范围内，该部分土壤定义为第二类用地环境管理土。

本项目中区地块第一类用地、第二类用地区域环境管理土方量见下表，其中第一类用地区域环境管理土方量共计 1208.2m³；第二类用地区域环境管理土方量共计 6771.6m³，第一类用地、第二类用地区域环境管理土方量总计 7979.8m³。

表3.3-3 中区地块第一类用地、第二类用地环境管理土方量

污染物名称	深度 (m)	面积 (m ²)	环境管理土方量 (m ³)	备注
钨	0-1.0	2222.1	2222.1	第二类用地
钨	1.0-2.0	802.6	802.6	第二类用地
汞	1.0-2.0	583.0	583.0	第二类用地
钨	2.0-3.0	1121.1	1121.1	第二类用地

污染物名称	深度（m）	面积（m²）	环境管理土方量（m³）	备注
镍	2.0-3.0	1208.2	1208.2	第一类用地
钨	3.0-7.0	510.7	2042.8	第二类用地
合计	钨		6188.6	第二类用地
	汞		583.0	第二类用地
	镍		1208.2	第一类用地
总计			7979.8	/

表3.3-4 中区地块第一类用地环境管理土范围拐点坐标 (2-3m)

分区编号	污染类型	面积 (m ²)	拐点编号	X	Y
H14	镍	1208.2	1	38408482.93	2550793.211
			2	38408482.99	2550767.769
			3	38408483.37	2550767.768
			4	38408483.35	2550755.887
			5	38408449.17	2550756.11
			6	38408449.15	2550763.529
			7	38408447.3	2550786.275
			8	38408472.77	2550793.208

3.3.3. 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 38mg/kg,此处选用风险控制值作为修复目标值;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3.3-5 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。							

3.3.4. 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（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/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。

3.3.5. 施工平面布置

3.3.5.1. 第一阶段平面布置

根据对总平面布置条件的分析,开展总平面设计工作,对本项目施工总平面布置情况如下。

表3.3-6 设备设施布置情况一览表

序号	设备设施名称	用途
第一阶段需建设临时设施		
1	预处理车间	主要用于水泥窑协同处置污染土的预处理和装车作业等
2	尾气处理设备	车间尾气处理

3	污染建筑垃圾冲洗堆场	主要用于污染建筑垃圾冲洗处理作业和堆置
4	净土堆场	主要用于第一类用地基坑开挖过程中放坡净土和夹层净土的临时堆置作业
5	疑似污染土堆场	主要用于堆置第一类用地基坑开挖过程产生的疑似污染土
6	环境管理土堆场	主要用于堆置基坑开挖过程产生环境管理土
7	危废暂存间	用于暂存修复施工产生的废活性炭等危废
8	药剂间	用于暂存水处理药剂、尾气处理设备用活性炭等
第二阶段需建设临时设施		
1	污染建筑垃圾冲洗堆场	主要用于污染建筑垃圾冲洗处理作业和堆置
2	净土堆场	主要用于基坑开挖过程中放坡净土和夹层净土的临时堆置作业
3	疑似污染土堆场	主要用于堆置第二类用地基坑开挖过程产生的疑似污染土
4	环境管理土堆场	主要用于基坑开挖过程产生环境管理土

3.3.5.2. 第二阶段平面布置

1. 拆除部分第一阶段堆场

拆除第一阶段建筑垃圾冲洗堆场及 1#净土堆场（第一阶段）：

①污染建筑垃圾冲洗区为新建，地块原有地坪之上铺设复合土工膜再浇筑混凝土地坪；1#建筑垃圾冲洗后堆置区及 2#建筑垃圾冲洗后堆置区为利旧，先对地块原有地坪补缝防渗再铺设复合土工膜。

②1#净土堆场（第一阶段）为利旧，地块原有地坪之上铺设复合土工膜。

2. 新建第二阶段堆场

（1）净土堆场：2 座，用于净土堆置，场地压实平整后铺设复合土工膜作为防渗结构；2#净土堆场位于场地东部基坑回填后区域（6#基坑回填后区域），面积 480m²，1#净土堆场位于场地中部（含 4#基坑回填后区域），面积 3490m²。

(2) 建筑垃圾冲洗堆场：①污染建筑垃圾冲洗区（土工膜+混凝土地坪防渗），用于污染土壤筛分过程中筛除的粒径>50mm 污染建筑垃圾的冲洗及堆置，污染建筑垃圾冲洗区位于场地北部无污染区域处，面积 600m²；②1#建筑垃圾冲洗后堆置区（利用旧原地坪），用于堆置冲洗合格建筑垃圾，面积 2030m²；②2#建筑垃圾冲洗后堆置区（5#基坑回填后区域，新浇筑混凝土地坪），用于堆置冲洗合格建筑垃圾，面积 2050m²。

(3) 环境管理土堆场：1 座，用于环境管理土堆置，场地压实平整后铺设复合土工膜作为防渗结构；位于场地东部基坑回填后区域（6#基坑回填后区域），面积 960m²。

(4) 洗车池：1 座，位于项目场地南侧进出口处，用于出场车辆的冲洗。

(5) 地磅：1 座，位于项目场地项目部东侧未污染区域，用于进出场车辆的称重。

3.4. 地块修复实施情况

3.4.1. 修复工程概况

3.4.1.1. 基本情况

(1) 项目名称：佛山照明禅城总部厂区（中区、北区）地块土壤修复项目

(2) 项目地址：佛山市禅城区汾江北路 64 号

(3) 主要污染因子：

根据地块初步调查报告、详细调查报告和风险评估报告，地块规划第一类用地范围内土壤砷、汞、钼、钨、铅、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，第二类用地范围内土壤砷、汞、铅、钨的人群健康风险不可接受。

(4) 修复项目启动时间：2024 年 8 月 20 日（开工报告）

(5) 第一阶段主体施工工期：2024 年 8 月 21 日至 2024 年 9 月 28 日，共计 38 日

(6) 第二阶段主体施工工期：2024 年 9 月 28 日至 2025 年 1 月 10 日，共计 105 日。

(7) 污染土壤修复技术：

对于重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）污染土壤，氟化物污染土壤，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；对于重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+汞污染土壤，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，重金属（砷/铅/钨/钼或其复合物）+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染土壤，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，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。

对于汞污染土壤，有机物污染土壤，汞+有机物污染土壤，采用异位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；对于汞+重金属（除汞外）污染土壤，重金属（除汞外）+有机物污染土壤，重金属（除汞外）+氟化物+有机物污染土壤采用异位间接热脱附修复工艺处置并效果评估检测合格后，再外运进行水泥窑协同处置。

（8）设计修复方量：本项目需修复土方量共计 58709.3m³，其中一类用地区域污染土壤叠加面积 34779m²，修复土方量共计 53581.2m³；二类用地区域污染土壤叠加面积 4500m²，修复土方量共计 5128.1m³，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。

3.4.1.2. 修复工程完成情况和时间节点

修复单位于 2024 年 8 月 13 日至 2024 年 8 月 20 日进行第一阶段开挖区域地表地坪破碎清挖转运工作；在 2024 年 8 月 20 日完成水电施工、办公生活区建设及施工道路建设等前期施工准备工作。修复单位于 2024 年 8 月 21 日开始第一阶段污染土壤清挖，于 2024 年 9 月 28 日完成第一阶段修复工作，阶段性效果评估报告于 2024 年 10 月 31 日通过专家验收。2024 年 9 月 28 日至 12 月 21 日完成地块第二阶段主体修复工作，于 2024 年 12 月 30 日完成重金属污染土外运工作，水泥厂于 2025 年 1 月 9 日完成污染土壤处置工作。

第一阶段修复工程量如下：

①实际清挖污染土壤 20889.8m³，其中基坑污染土壤清挖（含建筑垃圾）20219.3m³，扩挖污染土壤方量 670.5m³。水泥窑修复工艺污染土壤方量为 18221.1m³（含扩挖方量 670.5m³；热脱附修复工艺污染土壤 2377.2m³；热脱附+水泥窑修复工艺污染土壤 291.5m³。

②实际清挖非污染土壤：污染区域表层地坪破碎清挖 2163.8m^3 。第一类用地冲洗合格建渣（含筛上物）堆体方量 7208m^3 （虚方），第二类用地冲洗合格建渣（含筛上物）堆体方量 657m^3 （虚方）。夹层净土（第一类用地土壤）堆体方量 4461m^3 ；夹层疑似污染土（第一类用地土壤）堆体方量 184m^3 ；夹层疑似污染土（第一类用地土壤）堆体方量 1838m^3 。

③第一阶段修复单位共计处置 4910m^3 污废水，污泥池中污泥暂未进行清理，污水处理设备中载硫活性炭无需进行更换（废活性炭由专业危废处置单位收集处置）。

第二阶段修复工程量如下：

①实际清挖污染土壤总量为 40585.6m^3 ，其中水泥窑工艺污染土壤方量为 25400.3m^3 （剔除污染土壤（危险废物） 91.1m^3 ）、热脱附工艺污染土壤方量为 11853.6m^3 、先热脱附再水泥窑工艺污染土壤方量为 3236.3m^3 （剔除污染土壤（危险废物） 4.3m^3 ）；

②实际清挖非污染土壤：夹层净土（一类）堆体测量方量共计 1446m^3 （虚方）、夹层净土（二类）堆体测量方量共计 832m^3 （虚方）、疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 1876m^3 （虚方）、疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 3292m^3 （虚方）、疑似污染土（热脱附+水泥窑，一类）堆体测量方量共计 4461m^3 （虚方）、扩挖疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 41m^3 （虚方）、扩挖疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 34m^3 （虚方）、疑似污染土（水泥窑，二类）堆体测量方量共计 366m^3 （虚方）、环境管理土-疑似污染土（水泥窑）堆体测量方量共计 335m^3 （虚方）、环境管理土堆体测量方量共计 1207m^3 （虚方）、环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）堆体测量方量共计 309m^3 （虚方）。

③冲洗筛上物共计 11409m^3 （虚方），其中清挖区域硬化地面破碎后筛上物 3367.2m^3 。

④收集处置废水共 6260m^3 ，其中洗车废水 478m^3 、筛上物冲洗废水 4111m^3 、基坑废水 1710m^3 ，处置合格后均用于污染建筑垃圾冲洗处理及喷淋抑尘。

⑤外运协同处置重金属污染土共计 64220.96t ，其中水泥窑工艺污染土壤外运 59661.96t 、先热脱附再水泥窑工艺污染土壤外运 4559.0t 。

修复工程实施过程的各重要时间节点如下表所示。

表3.4-1 第一阶段修复施工重要时间节点一览表

序号	分项工程	开始时间	结束时间
一	前期施工准备	2024.7.10	2024.8.20
1	施工用电接入	2024.7.10	2024.7.15
2	施工用水接入	2024.7.10	2024.7.15
3	办公生活区建设	2024.7.10	2024.8.20
4	施工道路建设	2024.7.10	2024.8.17
二	修复临时设施建设工作	2024.7.5	2024.8.18
1	预处理车间建设	2024.7.20	2024.8.17
2	建筑垃圾冲洗场（含一、第二类用地建筑垃圾堆场）	2024.7.10	2024.8.5
3	1#净土堆场	2024.7.5	2024.8.3
4	1#疑似污染土堆场	2024.7.5	2024.8.14
5	2#净土堆场（第一阶段）	2024.7.10	2024.7.31
6	环境管理土堆场（第一阶段）	2024.7.10	2024.7.31
7	污水处理系统建设和调试	2024.7.15	2024.8.17
8	预处理车间尾气处理设备安装调试	2024.7.15	2024.8.17
9	洗车池建设（2座）	2024.7.10	2024.8.4
10	地磅建设（2座）	2024.7.10	2024.8.4
三	技术方案评审或备案	2024.7.10	2024.8.16
1	《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》	报告公示完成时间：2024.7.10	
2	《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复基坑支护设计方案》	专家评审通过时间：2024.6.20	
3	《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复基坑支护专项施工方案》	专家评审通过时间：2024.8.16	
4	《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复基坑支护监测方案》	专家评审通过时间：2024.8.16	

5	《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案》	备案时间：2024.8.13	
四	土壤清挖转运工作（含地表破碎等非开挖工序）	2024/8/12	2024/9/28
1	2#基坑基坑支护实施	2024/8/29	2024/9/5
2	2#基坑污染土壤清挖	2024/9/14	2024/9/14
3	3#基坑基坑支护实施	2024/8/31	2024/9/1
4	3#基坑污染土壤清挖	2024/9/22	2024/9/22
5	表层地坪破碎清挖转运	2024/8/28	2024/8/29
	4#基坑污染土壤清挖	2024/8/31	2024/8/31
6	5#基坑基坑支护实施	2024/9/2	2024/9/3
7	表层地坪破碎清挖转运	2024/8/14	2024/8/20
	5#基坑污染土壤清挖	2024/8/21	2024/9/24
8	表层地坪破碎清挖转运	2024/8/25	2024/8/26
	6A#基坑污染土壤清挖	2024/8/27	2024/9/3
9	表层地坪破碎清挖转运	2024/8/28	2024/8/29
	6B#基坑污染土壤清挖	2024/8/31	2024/8/31
10	表层地坪破碎清挖转运	2024/8/12	2024/9/2
	7#基坑污染土壤清挖	2024/9/2	2024/9/26
11	表层地坪破碎清挖转运	2024/8/27	2024/8/28
	12A#基坑部分污染土壤清挖	2024/8/29	2024/8/29
12	建筑垃圾及筛上物冲洗	2024/8/21	2024/9/28
13	中区地块污染土壤预处理	2024/8/21	2024/9/28
14	废水处理	2024/8/13	2024/9/28

表3.4-2 第二阶段修复施工重要时间节点一览表

序号	分项工程	开始时间	结束时间
一	修复临时设施建设工作	/	/
1	施工道路建设	2024/10/1	2024/10/10

序号	分项工程	开始时间	结束时间
2	建筑垃圾冲洗场（含一、二类建筑垃圾堆场）	2024/10/1	2024/11/10
3	1#净土堆场	2024/10/1	2024/11/10
4	2#净土堆场（第一阶段）	2024/11/5	2024/11/10
5	环境管理土堆场（第一阶段）	2024/11/5	2024/11/10
6	洗车池建设（1座）	2024/10/1	2024/10/10
7	地磅建设（1座）	2024/10/1	2024/10/10
三	技术方案评审或备案	/	/
1	《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》	专家复核通过时间：2024/11/4	
2	《佛山照明禅城总部厂区中区地块污染土壤（危险废物）清理完成情况验收报告案》	专家复核通过时间：2024/12/20	
四	土壤清挖转运工作（含地表破碎等非开挖工序）	/	/
1	表层地坪破碎清挖转运	2024/12/4	2024/12/4
	1#基坑污染土壤清挖转运	2024/12/4	2024/12/4
2	8#基坑基坑支护实施	2024/8/28	2024/9/5
3	表层地坪破碎清挖转运	2024/9/22	2024/9/22
	8#基坑污染土壤清挖转运	2024/9/22	2024/10/16
4	9#基坑污染土壤清挖转运	2024/10/4	2024/10/29
5	表层地坪破碎清挖转运	2024/10/17	2024/12/3
	10#基坑污染土壤清挖转运	2024/10/16	2024/12/5
6	表层地坪破碎清挖转运	2024/11/18	2024/11/18
	11#基坑污染土壤清挖转运	2024/11/19	2024/11/28
7	12#基坑基坑支护实施	2024/9/5	2024/10/6
8	表层地坪破碎清挖转运	2024/9/27	2024/9/29
	12#基坑污染土壤清挖转运	2024/9/27	2024/12/3

序号	分项工程	开始时间	结束时间
9	中区地块水泥窑工艺污染土壤修复（外运）	2024/8/21	2024/12/22
10	中区转运北区异地污染土壤修复（热脱附）	2024/10/7	2024/12/21
11	中区转运北区异地污染土壤修复（水泥窑）	2024/12/19	2025/1/10

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，修复修复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。

第一阶段平面布置：

根据《修复方案》并结合场地实际情况，现场临时设施平面布置如下：

场地内建有预处理车间 1 座、尾气处理设备 1 套、开挖大棚 2 座（配套尾气处理设备 2 套）、污水处理系统 1 套、热脱附设备 2 套（北区地块）、建筑垃圾冲洗场 1 座、疑似污染土壤堆场 1 座、净土堆场 2 座、环境管理土堆场 1 座、洗车池 2 座、地磅 2 座。

（1）预处理车间：用于污染土壤的预处理，车间设计尺寸长×宽×高=75×30×9m，位于场地东南，并靠近地块中间的无污染区域处，占地面积 2250m²，配套尾气处理设备。

（2）开挖大棚：用于汞污染土壤密闭清挖，车间设计尺寸长×宽×高=50×30×7m，占地面积 1500m²，中区施工时根据清挖位置进行多轮安拆。

（3）污水处理系统：用于本项目基坑水、建筑垃圾冲洗水及其他污废水处理。污

水处理系统包括调节池、暂存水池、混凝沉淀装置、石英砂过滤器、活性炭过滤器等，位于场地中部无污染区域处，总占地面积 736m²。

新增 2 座 PVC 支架水池，水池设计尺寸长×宽×高=22×22×1.5m，各占地面积 484m² 水池作为回用水暂存池，用于储存处理后出水，经监测合格后方可回用。

(3) 建筑垃圾冲洗堆场：①污染建筑垃圾冲洗区，用于污染土壤筛分过程中筛除的粒径>50mm 污染建筑垃圾的冲洗及堆置，污染建筑垃圾冲洗区位于场地北部无污染区域处，面积 602m²；②1#建筑垃圾冲洗后堆置区，用于堆置冲洗合格一类建筑垃圾，面积 3004m²；②2#建筑垃圾冲洗后堆置区，用于堆置冲洗合格二类建筑垃圾，面积 600m²。

(5) 疑似污染土壤堆场：1 座，用于疑似污染土壤的堆置待检，占地面积 2730m²。

(6) 净土堆场：2 座，用于净土堆置，1#净土堆场位于场地南部无污染区域，面积 3416m²，2#净土堆场位于场地西南部，面积 298m²。

(7) 环境管理土堆场：1 座，用于环境管理土堆置，位于场地南部无污染区域，面积 198m²。

(7) 洗车池：2 座，位于项目场地东西两侧进出口处，用于出场车辆的冲洗。

(8) 地磅：2 座，位于项目场地东西两侧进出口处，用于进出场车辆的称重。

第二阶段平面布置：

1. 拆除部分第一阶段堆场

拆除第一阶段建筑垃圾冲洗堆场及 1#净土堆场（第一阶段）：

①污染建筑垃圾冲洗区为新建，地块原有地坪之上铺设复合土工膜再浇筑混凝土地坪；1#建筑垃圾冲洗后堆置区及 2#建筑垃圾冲洗后堆置区为利旧，先对地块原有地坪补缝防渗再铺设复合土工膜。

②1#净土堆场（第一阶段）为利旧，地块原有地坪之上铺设复合土工膜。

2. 新建第二阶段堆场

(1) 净土堆场：2 座，用于净土堆置，场地压实平整后铺设复合土工膜作为防渗结构；2#净土堆场位于场地东部基坑回填后区域（6#基坑回填后区域），面积 480m²，1#净土堆场位于场地中部（含 4#基坑回填后区域），面积 3490m²。

(2) 建筑垃圾冲洗堆场：①污染建筑垃圾冲洗区（土工膜+混凝土地坪防渗），用于污染土壤筛分过程中筛除的粒径>50mm 污染建筑垃圾的冲洗及堆置，污染建筑垃圾冲洗区位于场地北部无污染区域处，面积 600m²；②1#建筑垃圾冲洗后堆置区（利旧原地坪），用于堆置冲洗合格建筑垃圾，面积 2030m²；②2#建筑垃圾冲洗后堆置区（5#基坑回填后区域，新浇筑混凝土地坪），用于堆置冲洗合格建筑垃圾，面积 2050m²。

(3) 环境管理土堆场：1 座，用于环境管理土堆置，场地压实平整后铺设复合土工膜作为防渗结构；位于场地东部基坑回填后区域（6#基坑回填后区域），面积 960m²。

(4) 洗车池：1 座，位于项目场地南侧进出口处，用于出场车辆的冲洗。

(5) 地磅：1 座，位于项目场地项目部东侧未污染区域，用于进出场车辆的称重。

3.4.3. 基坑清挖

3.4.3.1. 基坑清挖范围

根据本项目基坑支护设计方案、结合项目污染范围空间分布，开挖后最终形成 12 个基坑，其中 1#、2#、3#、4#、5#、7#、8#、9#、10A#、11A#和 12A#基坑位于第一类用地范围内，6#、10B#、11B#和 12B#基坑位于第二类用地范围内，10#、11#和 12#基坑大部分位于第一类用地范围内，少部分位于第二类用地范围内。其中 5#、10#和 12#基坑面积较大，其他基坑面积较小且分布零散，基坑总体平面分布和空间分布如下图所示：

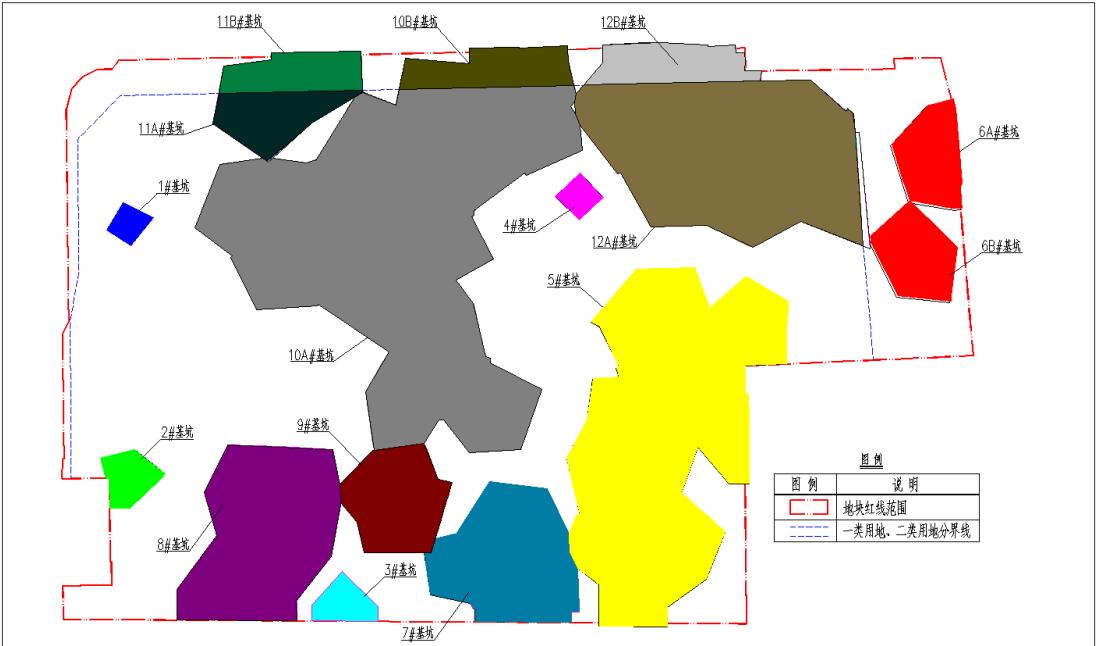


图3.4-1 基坑总体平面分布图

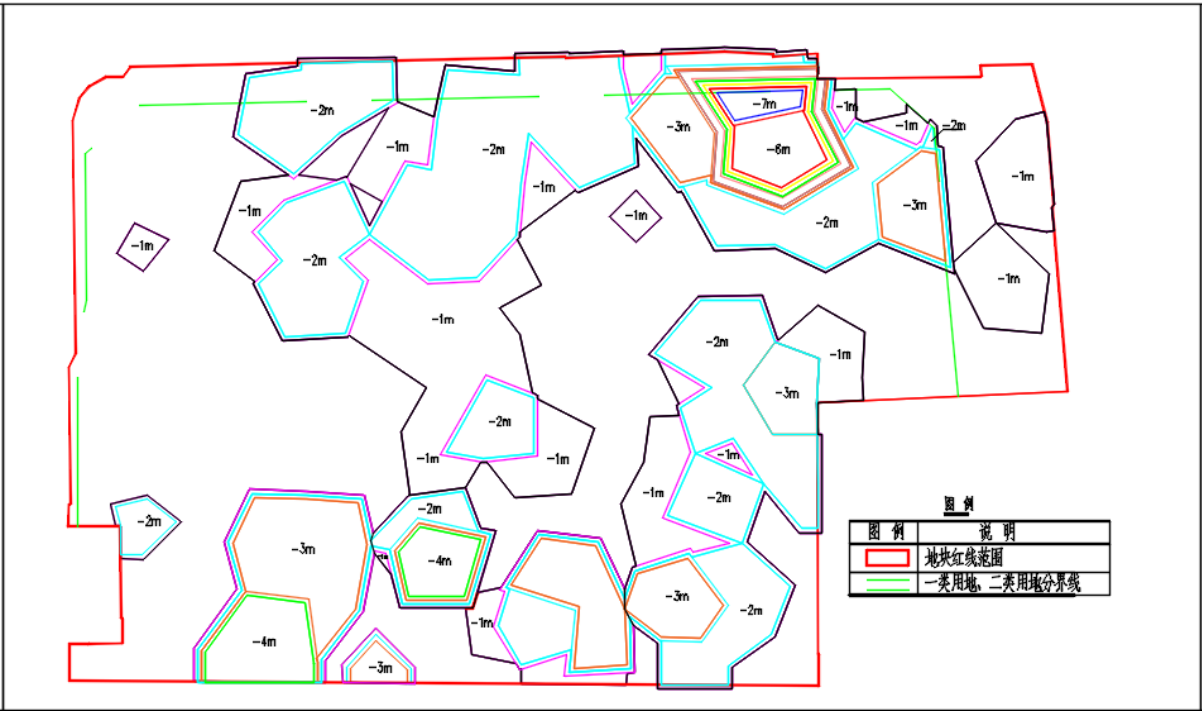


图3.4-2 基坑清挖边界的总布置图

3.4.3.2. 第一阶段基坑开挖顺序

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案》，中区地块第一阶段清挖施工分为 13 个步骤进行，具体将根据实际情况进行调整。

表3.4-3 第一阶段基坑清挖顺序统计表

基坑编号	污染区域编号	起始时间	
2#	非污染土壤开挖	2024/9/12	2024/9/13
	S38	2024/9/14	2024/9/14
3#	非污染土壤开挖	2024/9/21	2024/9/21
	非污染土壤开挖	2024/9/21	2024/9/21
	S53	2024/9/22	2024/9/22
4#	S6	2024/8/31	2024/8/31
5#	S10	2024/8/21	2024/9/2
	非污染土壤开挖	2024/9/8	2024/9/9
	S35	2024/9/5	2024/9/12
	S36	2024/9/12	2024/9/13
	S37	2024/9/11	2024/9/19
	S49	2024/9/7	2024/9/7
	S52	2024/9/22	2024/9/24
6#A	S17	2024/8/27	2024/9/3
6#B	S7	2024/8/31	2024/8/31
7#	S25	2024/9/2	2024/9/2
	S20	2024/9/3	2024/9/3
	S11	2024/9/17	2024/9/18
	S12	2024/9/16	2024/9/16
	非污染土壤开挖	2024/9/17	2024/9/17
	S41	2024/9/8	2024/9/11

	非污染土壤开挖	2024/9/8	2024/9/8
	S51	2024/9/26	2024/9/26
12#A	S4	2024/8/29	2024/8/29

3.4.3.3. 第二阶段基坑开挖顺序

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案》，中区地块第二阶段清挖施工分为 25 个步骤进行，具体将根据实际情况进行调整。

表3.4-4 第二阶段基坑清挖顺序统计表

基坑编号	效果评估编号	开始开挖	完成开挖
12A#-1	S4	2024/8/29	2024/8/29
8#-1	S18	2024/9/22	2024/9/24
12A#-2 12B#-1	S1	2024/9/27	2024/10/9
8#-3	S50	2024/10/16	2024/10/16
8#-2	S55	2024/10/16	2024/10/16
8#-4	S54	2024/10/11	2024/10/13
8#-5	S57	2024/10/10	2024/10/12
9#-1	S19	2024/10/4	2024/10/4
10A#-5 10A#-6	S16	2024/10/17	2024/11/12
11A#-1	S3	2024/11/18	2024/11/19
10A#-1	S5	2024/11/14	2024/11/15
10A#-2 10B#-1	S2	2024/10/18	2024/11/17
10A#-2	S26	2024/12/2	2024/12/2
10A#-2	S21	2024/12/2	2024/12/2
10A#-3	S9	2024/12/3	2024/12/3
12A#-4	S31	2024/10/9	2024/10/18
12A#-5	S32	2024/11/14	2024/11/14

佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤修复效果评估报告

12B#-2	S28	2024/11/10	2024/11/11
12A#-3	S45	2024/10/18	2024/10/18
12A#-3	S46	2024/10/18	2024/10/18
9#-2	S42	2024/10/19	2024/10/20
9#-3	S58	2024/10/28	2024/10/29
10A#-4	S27	2024/11/13	2024/11/15
10A#-9	S40	2024/11/11	2024/11/11
10B#-2	S29	2024/10/16	2024/11/25
11A#-2 11B#-1	S30	2024/11/23	2024/11/28
10A#-7 10B#-2	S44	2024/11/13	2024/11/19
10A#-3	S24	2024/11/18	2024/11/20
10A#-3	S13	2024/11/15	2024/11/15
10A#-3	S14	2024/11/20	2024/11/20
10A#-3	S15	2024/11/15	2024/11/15
10A#-3	S23	2024/11/15	2024/11/15
10A#-8	S39	2024/12/4	2024/12/4
10A#-8	S43	2024/12/5	2024/12/5
10A#-4	S22	2024/11/14	2024/11/14
12A#-6	S47	2024/10/10	2024/10/14
12A#-7	S48	2024/11/27	2024/11/27
10A#-7	S33	2024/12/3	2024/12/5
10A#-8	S34	2024/11/23	2024/11/23
12A#-8	S56	2024/11/26	2024/11/26
12A#-9	S59	2024/11/27	2024/11/27
12A#-10	S60	2024/12/1	2024/12/3
12A#-11	S61	2024/12/1	2024/12/1
1#	S8	2024/12/4	2024/12/4

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》，中区地块内约 92.7m³ 的污染土壤具有毒性物质含量危险特性，属于危险废物，在各层污染土壤开挖前，应优先对各层中的危险废物进行清除，再进行其余污染土、疑似污染土、夹层净土等的清挖工作。

表3.4-5 中区地块危险废物区域面积统计表

超标点位	层数	层厚 (m)	管控范围 (m ²)	管控土方量 (m ³)	各层管控土方量 (m ³)
GF8	0-1m	1	4.1	4.1	8.2
GF13	0-1m	1	4.1	4.1	
GF25	1-2m	1	25.3	25.3	66.6
GF29	1-2m	1	41.3	41.3	
GF42	2-3m	1	4.3	4.3	18.0
GF29	2-3m	1	13.7	13.7	
合计					92.7

3.4.3.4. 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。

3.4.3.5. 第一阶段基坑复核

3.4.3.5.1. 2#基坑复核

2#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。

表3.4-6 2#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污染 物	设计污染面 积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖方 量 (m ³)	备注
2#	S38	1-2	汞	306.8	306.8	308.6	314.7	超挖

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。

表3.4-7 2#基坑污染土区域清挖前后拐点对比

3.4.3.5.2. 3#基坑复核

3#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。

表3.4-8 3#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污染 物	设计污染 面积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖 方量 (m ³)	备注
3#	S53	2~3	砷	227.2	227.2	228	232.6	超挖

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。

3.4.3.5.3. 4#基坑复核

4#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。

表3.4-9 4#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污染 物	设计污染 面积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖 方量 (m ³)	备注
4#	S6	0~1	铅	192.7	192.7	193.5	197.3	超挖

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。

3.4.3.5.4. 5#基坑复核

5#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。5#基坑的清挖顺序依次为：第一步清挖 5#-1 面层，清挖完成后验收侧壁和坑底。随后进行 5#-2 面层和 5#-5 面层清挖，清挖后验收侧壁和坑底。第三步进行 5#-3 和 5#-4 面层清挖，清挖后验收侧壁和坑底。最后进行 5#-6 面层的清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

表3.4-10 5#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污染物	设计污 染面积 (m ²)	设计污 染方量 (m ³)	实际清 挖面积 (m ²)	实际清 挖方量 (m ³)	备注
5#-1	S10	0~1	铅、钨、 砷	6272.1	6272.1	6273.1	6236.1	S10 基坑底部有多 处较大平台基坑或 石块，再进行- 1.0~-1.5m 污染土 壤清挖时一并破除 清挖
5#-2	S35	1~2	砷、铅、 钨	2985.8	2985.8	3001.6	3067.3	
5#-3	S36	1~2	钨	726.1	726.1	741.2	756	
5#-4	S37	1~2	砷、钨	1757.3	1757.3	1763.9	1799.1	
5#-5	S49	2~3	钨	723.7	723.7	733	747.6	超挖
5#-6	S52	2~3	钨	737.8	737.8	746.4	761.3	超挖
合计				/	13202.8	/	13367.4	超挖

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。

3.4.3.5.5. 6#基坑复核

6#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。

表3.4-11 6#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污 染 物	设计污染 面积	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖 方量	备注
----------	----------	-----------	-------------	------------	------------------------------	------------------------------	------------	----

		)		(m ²)			(m ³)	
6B	S7	0~1	砷	973.8	973.8	975	994.5	超挖
6A	S17	0~1	汞	947.3	947.3	948.1	967.1	超挖

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。

3.4.3.5.6. 7#基坑复核

7#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。7#基坑的清挖顺序依次为：第一步清挖 7#-1 面层 S25 区域，随后清挖 7#-1 面层 S20 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。随后进行 7#-4 面层清挖，清挖后验收侧壁和坑底。第三步进行 7#-3 和 7#-2 面层清挖，清挖后验收侧壁和坑底。最后进行 7#-5 面层的清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

表3.4-12 7#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污 染 区 域	深度 (m)	污 染 物	设计污 染面积 (m ²)	设计污 染方量 (m ³)	实际清 挖面积 (m ²)	实际清 挖方量 (m ³)	备注
7#-1	S20	0~1	汞	426	426	391.3	399.2	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，因此 S25 基坑实际清挖方量较设计污染方量略大而 S20 基坑实际清挖方量较设计污染方量略小。
7#-1	S25	0~1	砷、 铅、 汞	250.5	250.5	285.7	291.5	
7#-4	S41	1~2	汞	676.5	676.5	682.5	696.2	超挖
7#-2	S11	0~1	砷、 铅	368	368	369.4	376.8	超挖

7#-3	S12	0~1	砷	463.1	463.1	464.4	473.7	超挖
7#-5	S51	2~3	砷、 铅	1122	1122	1134.2	1156.8	超挖
合计				/	3306.1	/	3394.2	超挖

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。

修复单位按照《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案》、《基坑支护设计方案》和《基坑支护专项施工方案》的要求进行 S10、S7、S17 等污染土壤清挖，现场开挖后发现地质情况优于设计阶段，由于开挖深度较浅（0~3m，设计阶段考虑该深度范围进行放坡开挖）、地下水较少；开挖完成后经过观察基坑侧壁保持稳定无开裂垮塌情况，基坑不放坡也能满足安全要求，不影响下一层污染土壤开挖，同时能够加快施工进度。中区地块第一阶段基坑（0~3m）垂直开挖能满足安全要求，同时不影响各个面层污染土壤的清挖范围和深度。变更审批材料详见施工总结报告第三章以及附件。

经核实，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清挖范围和深度。

3.4.3.6. 第二阶段基坑复核

3.4.3.6.1. 1#基坑复核

1#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。

表3.4-13 1#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污染 物	设计污染 面积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖 方量 (m ³)	备注
1#	S8	0~1m	钨	178.5	178.5	179.5	181.1	超挖

经环境监理复核，通过 1#0-1m 成坑范围与风评报告中 S8 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。

3.4.3.6.2. 8#基坑复核

8#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。8#基坑的清挖顺序依次为：第一步清挖 8#-1 面层 S18 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。随后清挖 8#-2 面层 S55 区域和 8#-3 面层 S50 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。8#-3 面层在效果评估检测中存在超筛情况，扩挖后进行二次验收。最后进行 8#-4 面层 S54 区域和 8#-5 面层 S57 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

表3.4-14 8#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染区域	深度 (m)	污染物	设计污染 面积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖 方量 (m ³)	备注
8#-1	S18	0~-1	汞	1092.6	1092.6	1095.9	1117.8	超挖
8#-2	S55	-2~-3	砷、 铅、石 油烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	442.8	442.8	442.8	451.7	超挖
8#-3	S50	-2~-3	砷、铅	459.5	459.5	464.6	473.9	超挖
8#-4	S54	-2~-3	石油烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	1302.2	1302.2	1312	1338.2	超挖
8#-5	S57	-3~-4	汞	1079.9	1079.9	1095.9	1102.2	超挖

经环境监理复核，通过 8#0-1m、2-4m 成坑范围与风评报告中 S18、S50、S54、S55 及 S57 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。

3.4.3.6.3. 9#基坑复核

9#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。9#基坑的清挖顺序依次为：第一步清挖 9#-1 面层 S19 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。随后进行 9#-2 面层 S42 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。第三步进行 9#-3 面层 S58 区域清挖，清挖后验收侧壁

和坑底。

表3.4-15 9#基坑清挖工程量汇总对比

基坑 面层	污染 区域	深度 (m)	污染 物	设计污染 面积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖方 量 (m ³)	备注
9#	S19	0~1	汞	432.6	432.6	440.5	449.3	超挖
9#	S42	-1~-2	汞	605.4	605.4	607.2	615.4	超挖
9#	S58	-3~-4	汞	612.4	612.4	612.6	624.9	超挖

经环境监理复核，通过 9#0-2m、3-4m 成坑范围与风评报告中 S19、S42 及 S58 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。

3.4.3.6.4. 10#基坑复核

10#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。10#基坑的清挖顺序依次为：第一步清挖 10A#-1 面层 S5 区域、10B#-1 面层 S2 区域和 10A#-2 面层 S2、S26、S21 侧壁区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。10B#-1 面层和 10A#-2 侧壁存在超筛情况，扩挖后进行二次侧壁采样验收和坑底采样验收。第二步清挖 10A#-3 面层 S9、S23、S14 和 S24 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。10A#-3 坑底和侧壁存在超筛情况，扩挖后进行二次采样验收。第三步进行 10A#-5 面层 S16 区域和 10A#-8 面层 S40 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。第四步进行 10A#-6 面层 S29、S44、S33 区域和 10B#-2 面层 S29 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。最后进行 10A#-4 面层 S15、S13、S22、S27、S16 区域和 10A#-7 面层 S34、S43、S39 的清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

表3.4-16 10#基坑清挖工程量汇总对比

基坑面 层	污染 区域	深度 (m)	污染物	设计污 染面积 (m ²)	设计污染 方量 (m ³)	实际清 挖面积 (m ²)	实际清 挖方量 (m ³)	备注
10A#-1	S5	0~1	砷	1155.1	1155.1	1156.5	1168.9	超挖
10B#-1	S2	0~1	砷	2201.1	2201.1	2201.2	2219.9	超挖
10A#-2	S2	0~1						

	S26	0~1	砷、氟化物	792.1	792.1	792.1	797.7	超挖
	S21	0~1	氟化物	127.6	127.6	127.7	128.5	超挖
10A#-3	S9	0~1	砷	481.0	481.0	482	487.3	超挖
	S23	0~1	砷、汞	458.6	458.6	458.6	464.8	超挖
	S14	0~1	汞	418.9	418.9	420.1	425.6	超挖
	S24	0~1	砷、汞	867.4	867.4	867.5	878.1	超挖
10A#-4	S15	0~1	汞	863.4	863.4	863.6	875.5	超挖
	S13	0~1	汞	104.9	104.9	105.2	106.4	超挖
	S22	0~1	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	192.0	192.0	196.5	198.7	超挖
	S27	0~1	汞、石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	770.9	770.9	770.9	775.9	超挖
	S16	0~1	汞	2053.7	2053.7	2075.3	2116.8	超挖
10A#-5	S16	0~1	汞					
10A#-6	S33	-1~2	铅、钼	1118.3	1118.3	1118.6	1128.8	超挖
	S44	-1~2	砷、铅、钼、氟化物	1638.7	1638.7	1639.3	1651.3	超挖
	S29	-1~2	砷	1908.4	1908.4	1909.8	1948.0	超挖
10B#-2	S29	-1~2						
10A#-7	S34	-1~2	铅	684.5	684.5	687.4	694.7	超挖
	S43	-1~2	铅、汞	213.0	213.0	213	214.9	超挖
	S39	-1~2	汞	784.0	784.0	784.1	791.8	超挖
10A#-8	S40	-1~2	汞	666.5	666.5	670.1	676.1	超挖

经环境监理复核,通过 10A#0-2m 成坑范围与风评报告中 S2、S5、S9、S13、S14、S15、S16、S21、S22、S23、S24、S26、S27、S29、S33、S34、S39、S40、S43 及 S44 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。通过 10B#0-2m 成坑范围与风评报告中 S2 及 S29 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。

3.4.3.6.5. 11#基坑复核

11#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。11#基坑的清挖顺序依次为：第一步清挖 11A#-1 面层 S3 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。11A#-1 侧壁存在超筛情况，扩挖后进行二次采样验收。随后进行 11 A#-2 面层和 11B#-1 面层 S30 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

表3.4-17 11#基坑清挖工程量汇总对比

基坑面层	污染区域	深度 (m)	污染物	设计污染面积 (m ²)	设计污染方量 (m ³)	实际清挖面积 (m ²)	实际清挖方量 (m ³)	备注
11A#-1	S3	0-1	钨	738.5	738.5	738.8	747.5	超挖
11 A#-2	S30	1-2	砷、钨	1577.5	1577.5	1577.6	1594.7	超挖
11B#-1								

经环境监理复核，通过 11A#0-2m 成坑范围与风评报告中 S3 及 S30 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。通过 11B#1-2m 成坑范围与风评报告中 S30 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。

3.4.3.6.6. 12#基坑复核

12#基坑实际清挖工程量与设计工程量对比见下表。12#基坑的清挖顺序依次为：

第一步清挖 12A#-1 面层 S4 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。随后清挖 12A#-2 面层 S1 区域，清挖完成后验收侧壁和坑底。12A#-2 坑底和侧壁存在超筛情况，扩挖后进行二次采样验收。

12A#-2 面层 S1 区域验收后清挖 12B#-1 面层 S1 区域。12B#-1 坑底存在超筛情况，扩挖后进行二次采样验收。

第三步进行 12A#-3 面层 S45、S46 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

第四步进行 12A#-4 面层 S31 区域、12A#-5 面层 S32 区域、12A#-6 面层 S47 区域

和 12B#-2 面层 S28 区域清挖，清挖后验收侧壁和坑底。12A#-4 面层侧壁、12B#-2 坑底和 12A#-6 侧壁及坑底存在超筛情况，扩挖后进行二次采样验收。

第五步进行 12A#-8 面层 S56 区域和 12B#-3 面层 S47 区域的清挖，清挖后验收侧壁和坑底，随后进行 12A#-7 面层 S48 区域和 12A#-9 面层 S59 区域的清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

最后进行 12A#-10 面层 S60 区域和 12A#-11 面层 S61 区域的清挖，清挖后验收侧壁和坑底。

表3.4-18 12#基坑清挖工程量汇总对比

基坑面层	污染区域	深度(m)	污染物	设计污染面积(m ²)	设计污染方量(m ³)	实际清挖面积(m ²)	实际清挖方量(m ³)	备注
12A#-1	S4	0-1	钨	740.3	740.3	742	751.5	超挖
12A#-2	S1	0-1	砷、钨、 铅、钼	3287.5	3287.5	3292.7	3358.5	超挖
12B#-1								
12A#-3	S45	1-2	砷、铅、 钨、苯并 (a) 芘、二 苯并(a, h) 蒽	217.2	217.2	217.8	219.7	超挖
	S46		砷、铅、 钨、苯并 (a) 芘、二 苯并(a, h) 蒽、氟化 物、石油烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	243.0	243.0	244.3	248.7	超挖

12A#-4	S31	1-2	砷、铅、钨、 钼	3736.1	3736.1	3736.3	3783.1	超挖
12A#-5	S32	1-2	钨	29.0	29.0	29.1	29.4	超挖
12B#-2	S28	1-2	砷、铅、钨	756.9	756.9	757.1	762.7	超挖
12A#-6	S47	2-3	砷	2063.2	2063.2	2066.9	2108.6	超挖
12B#-3								
12A#-7	S48	2-3	钨	733.8	733.8	734.2	741.5	超挖
12A#-8	S56	3-4	钨	242.9	242.9	243.2	245.7	超挖
12A#-9	S59	4-5	钨	242.9	242.9	243.2	245.5	超挖
12A#-10	S60	5-6	钨	994.8	994.8	995.2	1003.3	超挖
12A#-11	S61	6-7	钨	242.9	242.9	243.2	244.8	超挖

经环境监理复核,通过 12A#0-7m 成坑范围与风评报告中 S1、S4、S31、S32、S45、S46、S47、S48、S56、S59、S60 及 S61 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。通过 12B#0-3m 成坑范围与风评报告中 S1、S28 及 S47 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。

3.4.3.7. 清挖方量复核

1. 第一阶段

由于垂直开挖导致土方开挖情况发生变化,根据施工总结报告,垂直开挖情况下的土方量变化情况说明如下。

本项目第一阶段(0~1m)总清挖方量为 14518.9m³,开挖产生的污染土壤及夹层净土分开进行堆置。

表3.4-19 非污染土壤开挖工程量和土壤去向(0~1m)

土壤类用地型	方量(m ³)	土壤去向
夹层净土(第一类用地)	2853.1	1#净土堆场(第一阶段)
夹层疑似污染土(热脱附第一	153.4	1#疑似污染土堆场

类用地)		
夹层疑似污染土(水泥窑第一类用地)	878.5	1#疑似污染土堆场

本项目第一阶段(1~2m)总清挖方量为 8121.1m³, 开挖产生的夹层净土、疑似污染土、扩挖疑似污染土、放坡及扩挖修复土分开进行堆置。

表3.4-20 非污染土壤开挖工程量和土壤去向(1~2m)

土壤类用地型	方量(m ³)	土壤去向
夹层净土(第一类用地)	834.3	1#净土堆场(第一阶段)
夹层疑似污染土(热脱附第一类用地)	/	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土(水泥窑第一类用地)	834.3	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土(热脱附+水泥窑第一类用地)	/	1#疑似污染土堆场
扩挖疑似污染土(热脱附+水泥窑第一类用地)	/	1#疑似污染土堆场
放坡及扩挖修复土(水泥窑第一类用地)	/	中区预处理车间

本项目第一阶段(2~3m)总清挖方量为 2810.7m³, 开挖产生的夹层净土、疑似污染土、扩挖疑似污染土、放坡及扩挖修复土分开进行堆置。

表3.4-21 非污染土壤开挖工程量和土壤去向(2~3m)

土壤类用地型	方量(m ³)	土壤去向
夹层净土(第一类用地)	/	1#净土堆场(第一阶段)
放坡及扩挖修复土(水泥窑第一类用地)	/	中区预处理车间

表3.4-22 第一阶段非污染土壤开挖工程量对比表

土壤类型	《修复方案》设计方量 m ³	垂直开挖后理论方量 m ³
夹层净土(一类)	5390	2853.1
夹层疑似污染土(热脱附一类)	804.5	153.4
夹层疑似污染土(水泥窑一类)	1829.1	878.5
夹层疑似污染土(热脱附+水泥窑一类)	221.4	0
扩挖疑似污染土(热脱附+水泥窑一类)	14.8	0

放坡及扩挖修复土（水泥窑一类）	92.6	0
-----------------	------	---

第一阶段施工过程中，修复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修复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，共计 670.5m³ 污染土壤。

表3.4-23 第一阶段需扩挖修复范围及工程量

序号	发生时间	超标点位编号	扩挖修复 基坑编号	扩挖修复 工程量	修复工 艺
1	2024/9/9	KW01: 7#-C-1, 砷超标	7#基坑	10.5m ³	水泥窑 协同处 置
2	2024/9/20	KW02: 5#-D-7, 钨超标; KW03: 5#-D-8, 钨砷超标	5#基坑	497.3m ³	水泥窑 协同处 置
3	2024/9/24	KW04: 7#-D-5, 砷超标; KW05: 7#-C-8, 砷超标; 7#-C-9, 砷超标 KW06: 7#-C-13, 砷超标; KW07: 7#-C-15, 砷超标	7#基坑	84.4m ³	水泥窑 协同处 置
4	2024/9/26	KW08: 5#-D-9, 钨标; 5#-D-10, 钨标; 5#-D-11, 钨铅超标	5#基坑	78.3m ³	水泥窑 协同处 置
合计			/	670.5m ³	/

2. 第二阶段

本项目第二阶段（0-1m）总清挖方量为 26349.4m³，开挖产生的污染土壤及非污染土壤分开进行堆置。

表3.4-24 非污染土壤开挖工程量和土壤去向（0~1m）

土壤类用地型	方量（m ³ ）	土壤去向
夹层净土（一类）	5114.5	5#基坑回填
夹层净土（二类）	403.3	1#净土堆场
夹层疑似污染土（热脱附一类）	376.2	从严修复，北区热脱附
	231.1	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土（水泥窑一类）	1668.7	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑一类）	106.5	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土（水泥窑二类）	403.3	1#净土堆场
环境管理土	544.4	1#疑似污染土堆场
环境管理土-疑似污染土（水泥窑）	280.7	环境管理土堆场（第二阶段）
环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）	263.7	环境管理土堆场（第二阶段）

本项目第二阶段（1~2m）总清挖方量为 18744.1m³，开挖产生的污染土壤及非污染土壤分开进行堆置。

表3.4-25 非污染土壤开挖工程量和土壤去向（1~2m）

土壤类用地型	方量（m ³ ）	土壤去向
夹层净土（一类）	2948.6	5#基坑回填
夹层净土（二类）	11.9	1#净土堆场
夹层疑似污染土（热脱附一类）	651.1	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土（水泥窑一类）	661.1	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑一类）	221.4	1#疑似污染土堆场
夹层疑似污染土（水泥窑二类）	11.9	2#净土堆场（第一阶段）

本项目第二阶段（2~3m）总清挖方量为 6451.8m³，开挖产生的污染土壤及非污染土壤分开进行堆置。

表3.4-26 非污染土壤开挖工程量和土壤去向（2~3m）

土壤类用地型	方量（m ³ ）	土壤去向
夹层净土（一类）	306.2	5#基坑回填
夹层净土（二类）	382.6	1#净土堆场
夹层疑似污染土（热脱附一类）	688.8	1#疑似污染土堆场

本项目第二阶段（3~4m）总清挖方量为 2687.2m³，开挖产生的污染土壤及非污染土壤分开进行堆置。

表3.4-27 非污染土壤开挖工程量和土壤去向（3~4m）

土壤类用地型	方量（m ³ ）	土壤去向
夹层净土（一类）	751.8	5#基坑回填

本项目第二阶段（4~5m）总清挖方量为 994.8m³，开挖产生的污染土壤及非污染土壤分开进行堆置。

表3.4-28 非污染土壤开挖工程量和土壤去向（4~5m）

土壤类用地型	方量（m ³ ）	土壤去向
夹层净土（一类）	375.9	5#基坑回填
夹层疑似污染土（水泥窑一类）	375.9	1#疑似污染土堆场

本项目第二阶段（5~6m）总清挖方量为 994.8m³，开挖产生的污染土壤转运至中区预处理车间进行修复。不产生夹层非污染土壤。

本项目第二阶段（6~7m）总清挖方量为 243m³，开挖产生的污染土壤转运至中区预处理车间进行修复。不产生夹层非污染土壤。

8#基坑基坑放坡（0~4.0m）总清挖方量为 710.2m³，产生夹层净土（一类）710.2m³。
9#基坑基坑放坡（0~4.0m）总清挖方量为 268.6m³，产生夹层净土（一类）268.6m³。
12#基坑基坑放坡（0~7.0m）总清挖方量为 1757.1m³，产生夹层净土（一类）1291.2m³ 及 465.9m³。

表3.4-29 基坑放坡开挖工程量和土壤去向

基坑编号	土壤类用地型	方量 (m ³)	土壤去向
8#	夹层净土 (一类)	710.2	5#基坑回填
9#	夹层净土 (一类)	268.6	5#基坑回填+2#净土堆场
12#	夹层净土 (一类)	1291.2	1#+2#净土堆场
	夹层净土 (二类)	465.9	1#净土堆场

表3.4-30 第二阶段非污染土壤开挖工程量对比表

土壤类型	《修复方案》设计方量 (m ³)	垂直开挖后理论方量 (m ³)
夹层净土 (一类)	12326.7	13376.8
夹层净土 (二类)	2069.3	675.4
夹层疑似污染土 (热脱附一类)	419.4	1947.2
夹层疑似污染土 (水泥窑一类)	2212.9	2651.8
夹层疑似污染土 (热脱附+水泥窑一类)	121.3	327.9
夹层疑似污染土 (热脱附二类)	909.9	/
夹层疑似污染土 (水泥窑二类)	/	292.8
夹层疑似污染土 (热脱附+水泥窑二类)	/	/
扩挖疑似污染土 (热脱附一类)	9.9	36.8
扩挖疑似污染土 (水泥窑一类)	26.2	29.1
扩挖疑似污染土 (热脱附+水泥窑一类)	42.3	/
环境管理土	2099.9	1010.3
环境管理土-疑似污染土 (水泥窑)	/	280.7
环境管理土-夹层疑似污染土	/	263.7

第二阶段施工过程中,修复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修复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 9 批次扩挖修复区域,共计 705.3m³ 污染土壤。

表3.4-31 第二阶段需扩挖修复范围及工程量

序号	发生时间	超标点位编号	扩挖修复 基坑编号	扩挖修复 工程量 (m³)	修复 工艺
1	2024/10/16	12A#-D-9（钨超标） 12A#-C-6（砷超标）	12A#基坑	74.2	水泥窑协 同处置
2	2024/10/28	12B#-D-3（砷超标）	12B#基坑	42.3	水泥窑协 同处置
3	2024/10/29	8#-C-11（石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）超 标）	8#基坑	6.0	热脱附修 复工艺
4	2024/11/20	12B#-D-6（钨超标）	12B#基坑	110.4	水泥窑协 同处置
5	2024/11/21	冲洗区 S5（钨超标）	潜在二次 污染区域	5.5	水泥窑协 同处置
6	2024/11/22	12A#-C-19（钨超标）	12A#基坑	12.6	水泥窑协 同处置
		12A#-C-32（铜超标） 12A#-D-25（钨超标）	12A#基坑	175.2	
7	2024/11/27	10A#-C-13（砷超标） 10B#-C-5（砷超标）	10#基坑	18.4	水泥窑协 同处置
		11A#-C-2、3、4（钨超标）	11#基坑	33.9	
8	2024/12/2	10A#-D-15+10A#-D-21 10A#-C-15+10A#-C-28+10A#-C-29 （汞超标）	10#基坑	221.0	热脱附修 复工艺
9	2024/12/13	10A#-C1-23（铅超标）	10#基坑	5.9	水泥窑协 同处置
10	合计			705.3	/

表3.4-32 第二阶段从严修复污染土壤清挖工程量（天然密实方）

基坑	污染区域编号	深度（m）	污染物	处理工艺	实际清挖方量（m³）	备注
----	--------	-------	-----	------	------------	----

编号						
9#	S19S42 夹层土	0~-1	汞	热脱附	376.2	北区

表3.4-33 第二阶段开挖方式扩挖污染土壤清挖工程量（天然密实方）

基坑 编号	污染区域编 号	深度 (m)	污染物	处理工 艺	实际清挖方量 (m ³)	备 注
8#	S31	-2.0~-3.0	汞	热脱附	35.8	北 区
12A #	S50	-1.0~-2.0	石油烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	水泥窑	30.4	中 区
合计					66.2	/

各个基坑设计方量和实际方量对比情况具体如下表所示。

表3.4-34 第一阶段土壤清挖工程量

基坑面层	污染区域	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污染面积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面积 (m ²)	实际清挖方量 (m ³)	备注
5#-1	S10	0~-1	铅、钨、砷	水泥窑	6272.1	6272.1	6273.1	6236.1	注（2）
6B	S7	0~-1	砷	水泥窑	973.8	973.8	975	994.5	超挖
12A-1	S4	0~-1	钨	水泥窑	740.3	740.3	742	751.5	超挖
4#	S6	0~-1	铅	水泥窑	192.7	192.7	193.5	197.3	超挖
7#-1	S20	0~-1	汞	热脱附	426	426	391.3	399.2	注（3）
7#-1	S25	0~-1	砷、铅、汞	热脱附+水泥窑	250.5	250.5	285.7	291.5	注（4）
6A	S17	0~-1	汞	热脱附	947.3	947.3	948.1	967.1	超挖
7#-4	S41	-1~-2	汞	热脱附	676.5	676.5	682.5	696.2	超挖
2#	S38	-1~-2	汞	热脱附	306.8	306.8	308.6	314.7	超挖
7#-2	S11	0~-1	砷、铅	水泥窑	368	368	369.4	376.8	超挖
7#-3	S12	0~-1	砷	水泥窑	463.1	463.1	464.4	473.7	超挖
5#-2	S35	-1~-2	砷、铅、钨	水泥窑	2985.8	2985.8	3001.6	3067.3	超挖
5#-3	S36	-1~-2	钨	水泥窑	726.1	726.1	741.2	756	超挖
5#-4	S37	-1~-2	砷、钨	水泥窑	1757.3	1757.3	1763.9	1799.1	超挖
5#-5	S49	-2~-3	钨	水泥窑	723.7	723.7	733	747.6	超挖

5#-6	S52	-2~-3	钨	水泥窑	737.8	737.8	746.4	761.3	超挖
7#-5	S51	-2~-3	砷、铅	水泥窑	1122	1122	1134.2	1156.8	超挖
3#	S53	-2~-3	砷	水泥窑	227.2	227.2	228	232.6	超挖
基坑扩挖			重金属	水泥窑	/	/	/	670.5	扩挖
合计					/	19897.0	/	20889.8	/

注：（1）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；（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，再进行-1.0~-1.5m 污染土壤清挖时一并破除清挖；（3）及（4）：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。

表3.4-35 第一阶段地坪清挖工程量（实方）

基坑编号	污染区域编号	地坪厚度（m）	设计地表地坪破碎面积（m ² ）	设计地表地坪破碎方量（m ³ ）	备注
12A#基坑	S4	0.25	740.3	185.1	作污染建筑垃圾 一并冲洗处理
4#基坑	S6	0.20	192.7	38.5	
6B#基坑	S7	0.20	973.8	194.8	
5#基坑	S10	0.20	6272.0	1254.4	
7#基坑	S11	0.20	368.0	73.6	
7#基坑	S12	0.20	463.1	92.6	
6A#基坑	S17	0.20	947.3	189.5	
7#基坑	S20	0.20	426.0	85.2	

7#基坑	S25	0.20	250.5	50.1	
合计				2163.8	/

表3.4-36 第二阶段土壤清挖工程量

基坑 编号	污染区域编号	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污染面 积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖方 量 (m ³)	备注
8#-1	S18	0~1	汞	热脱附	1092.6	1092.6	1095.9	1117.8	超挖
9#-1	S19	0~1	汞	热脱附	432.6	432.6	440.5	449.3	超挖
12A#-2、 12B#-1	S1	0~1	砷、钨、铅、钼	水泥窑	3287.5	3287.5	3292.7	3358.5	超挖
10A#-4、 10A#-5	S16	0~1	汞	热脱附	2053.7	2053.7	2075.3	2116.8	超挖
8#-4	S54	2~3	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	热脱附	1302.2	1302.2	1312	1338.2	超挖
8#-2	S55	2~3	砷、铅、石油烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	热脱附+水泥窑	442.8	442.8	442.8	451.7	超挖
8#-5	S57	3~4	汞	热脱附	1079.9	1079.9	1080.6	1102.2	超挖
8#-3	S50	2~3	砷、铅	水泥窑	459.5	459.5	464.6	473.9	超挖
9#-2	S42	1~2	汞	热脱附	605.4	605.4	607.2	615.4	超挖
12A#-4	S31	1~2	砷、铅、钨、钼	水泥窑	3736.1	3736.1	3736.3	3783.1	超挖

基坑 编号	污染区域编号	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污染面 积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖方 量 (m ³)	备注
12A#-6、 12B#-3	S47	2~3	砷、铅、钨、钼	水泥窑	2063.2	2063.2	2066.9	2108.6	超挖
12A#-3	S45	1~2	砷、铅、钨、苯并 (a) 芘、二苯并 (a, h) 蒽	热脱附+水泥窑	217.2	217.2	217.8	219.7	超挖
12A#-3	S46	1~2	砷、铅、钨、苯并 (a) 芘、二苯并 (a, h) 蒽、氟化物、石油 烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	热脱附+水泥窑	243.0	243.0	244.3	248.7	超挖
10A#-6、 10B#-2	S29	1~2	砷	水泥窑	1908.4	1908.4	1909.8	1948.0	超挖
9#-3	S58	3~4	汞	热脱附	612.4	612.4	612.6	624.9	超挖
10A#-2、 10B#-1	S2	0~1	砷	水泥窑	2201.1	2201.1	2201.2	2219.9	超挖
10A#-2	S26	0~1	砷、氟化物	水泥窑	792.1	792.1	792.1	797.7	超挖
10A#-2	S21	0~1	氟化物	水泥窑	127.6	127.6	127.7	128.5	超挖
11A#-1	S3	0~1	钨	水泥窑	738.5	738.5	738.8	747.5	超挖

基坑 编号	污染区域编号	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污染面 积 (m ²)	设计污染方 量 (m ³)	实际清挖面 积 (m ²)	实际清挖方 量 (m ³)	备注
10A#-1	S5	0~1	砷	水泥窑	1155.1	1155.1	1156.5	1168.9	超挖
1#	S8	0~1	钨	水泥窑	178.5	178.5	179.5	181.1	超挖
10A#-3	S9	0~1	砷	水泥窑	481.0	481.0	482	487.3	超挖
10A#-3	S23	0~1	砷、汞	热脱附+水泥窑	458.6	458.6	458.6	464.8	超挖
10A#-4	S22	0~1	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	热脱附	192.0	192.0	196.5	198.7	超挖
10A#-4	S27	0~1	汞、石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	热脱附	770.9	770.9	770.9	775.9	超挖
12A#-5	S32	1~2	钨	水泥窑	29.0	29.0	29.1	29.4	超挖
10A#-6	S44	1~2	砷、铅、钼、氟化物	水泥窑	1638.7	1638.7	1639.3	1651.3	超挖
12B#-2	S28	1~2	砷、铅、钨	水泥窑	756.9	756.9	757.1	762.7	超挖
10A#-8	S40	1~2	汞	热脱附	666.5	666.5	670.1	676.1	超挖
10A#-6	S33	1~2	铅、钼	水泥窑	1118.3	1118.3	1118.6	1128.8	超挖
10A#-3	S24	0~1	砷、汞	热脱附+水泥窑	867.4	867.4	867.5	878.1	超挖
10A#-3	S14	0~1	汞	热脱附	418.9	418.9	420.1	425.6	超挖
10A#-4	S15	0~1	汞	热脱附	863.4	863.4	863.6	875.5	超挖
10A#-4	S13	0~1	汞	热脱附	104.9	104.9	105.2	106.4	超挖
11A#-2、	S30	1~2	砷、钨	水泥窑	1577.5	1577.5	1577.6	1594.7	超挖

基坑编号	污染区域编号	深度(m)	污染物	处理工艺	设计污染面积(m ²)	设计污染方量(m ³)	实际清挖面积(m ²)	实际清挖方量(m ³)	备注
11B#-1									
10A#-7	S34	1~2	铅	水泥窑	684.5	684.5	687.4	694.7	超挖
10A#-7	S39	1~2	汞	热脱附	784.0	784.0	784.1	791.8	超挖
10A#-7	S43	1~2	铅、汞	热脱附+水泥窑	213.0	213.0	213	214.9	超挖
12A#-7	S48	2~3	钨	水泥窑	733.8	733.8	734.2	741.5	超挖
12A#-8	S56	3~4	钨	水泥窑	242.9	242.9	243.2	245.7	超挖
12A#-9	S59	4~5	钨	水泥窑	242.9	242.9	243.2	245.5	超挖
12A#-10	S60	5~6	钨	水泥窑	994.8	994.8	995.2	1003.3	超挖
12A#-11	S61	6~7	钨	水泥窑	242.9	242.9	243.2	244.8	超挖
合计					/	38812.2	/	39437.9	/

表3.4-37 第二阶段地坪清挖工程量（实方）

基坑编号	污染区域编号	地坪厚度(m)	设计地表地坪破碎面积(m ²)	设计地表地坪破碎方量(m ³)	备注
12A#基坑	S1	0.25	3288.4	822.1	作污染建筑垃圾一并冲洗处理
10A#基坑	S2	0.20	2201.0	440.2	
11A#基坑	S3	0.25	738.5	184.6	

佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤修复效果评估报告

10A#基坑	S5	0.20	1155.1	231.0	
1#基坑	S8	0.25	178.5	44.6	
10A#基坑	S9	0.20	481.0	96.2	
10A#基坑	S13	0.20	104.9	21.0	
10A#基坑	S14	0.20	418.9	83.8	
10A#基坑	S15	0.20	863.4	172.7	
10A#基坑	S16	0.20	2053.7	410.7	
8#基坑	S18	0.20	1092.5	218.5	
10A#基坑	S21	0.20	127.6	25.5	
10A#基坑	S22	0.20	192.0	38.4	
10A#基坑	S23	0.20	458.6	91.7	
10A#基坑	S24	0.20	867.4	173.5	
10A#基坑	S26	0.20	792.1	158.4	
10A#基坑	S27	0.20	770.9	154.2	
合计				3367.1	/

3.4.3.8. 与风评范围不一致的开挖情况

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：

修复单位与效果评估单位双方确认扩挖修复方案后修复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。

第一阶段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。第二阶段修复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修复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 9 批次扩挖修复区域（详见下表和下图），共计 705.3m³ 污染土壤。

不一致的原因主要如下：

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。

表3.4-38 S25 及 S20 开挖工程量

污染区域编号	设计方量（m ³ ）	清挖方案	清挖方量（m ³ ）
--------	-----------------------	------	-----------------------

S20 汞污染土壤（第一类用地）	426.1	减少 35.3m ³	390.8
S25 砷、铅、汞污染土壤（第一类用地）	250.5	增加 35.3m ³	285.8

4.修复单位与效果评估单位双方确认扩挖修复方案后修复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（详见下表和下图），共计 670.5m³ 污染土壤。

表3.4-39 第一阶段中区地块扩挖情况汇总

序号	发生时间	扩挖基坑 编号	扩挖修复面层 编号	扩挖修复 工程量	修复工艺
1	2024/9/9	7#基坑	7#-1	10.5m ³	水泥窑协同处置
2	2024/9/20	5#基坑	5#-1	497.3m ³	水泥窑协同处置
3	2024/9/24	7#基坑	7#-2, 7#-3	84.4m ³	水泥窑协同处置
4	2024/9/26	5#基坑	5#-1	78.3m ³	水泥窑协同处置
5	合计			670.5m ³	/

表3.4-40 第二阶段中区地块扩挖情况汇总

序号	发生时间	扩挖基坑编 号	扩挖修复面层 编号	扩挖修复工程量 (m ³)	修复工艺
1	2024/10/16	12A#基坑	12A#-2	74.2	水泥窑协同处置
2	2024/10/28	12B#基坑	12B#-1	42.3	水泥窑协同处置
3	2024/10/29	8#基坑	8#-3	6.0	热脱附修复工艺
4	2024/11/20	12B#基坑	12B#-2	110.4	水泥窑协同处置
5	2024/11/21	潜在二次 污染区域	冲洗区 S5	5.5	水泥窑协同处置
6	2024/11/22	12A#基坑	12A#-4	12.6	水泥窑协同处置

		12A#基坑	12A#-C-32	175.2	
7	2024/11/27	10#基坑	10A#-2 10B#-1	18.4	水泥窑协同处置
		11#基坑	11A#-1	33.9	
8	2024/12/2	10#基坑	10A#-3	221.0	热脱附修复工艺
9	2024/12/13	10#基坑	10A#-6	5.9	水泥窑协同处置
合计				705.3	/

3.4.4. 基坑红线侧壁处置情况说明

3.4.4.1. 第一阶段基坑红线侧壁阻隔施工

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，由修复单位做风险管控（包括 2#基坑、3#基坑、5#基坑、6A#基坑的部分侧壁），需采用复合土工膜进行阻隔。

2#基坑及 3#基坑红线侧壁处有拉森钢板桩，5#-2 基坑红线侧壁处部分有拉森钢板桩，未进行效果评估，已先由修复单位采用复合土工膜进行阻隔，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，已先由修复单位采用复合土工膜进行阻隔，再回填土方。

7#基坑红线侧壁处已经通过效果评估，已直接回填土方。

表3.4-41 第一阶段基坑红线侧壁信息

序号	位置信息	红线侧壁长度	红线侧壁深度
1	2#基坑红线侧壁	12.9m	2m
2	3#基坑红线侧壁	26.2m	3m
3	5#-1 基坑红线侧壁	27.2m	1m
4	5#-2 基坑红线侧壁	66.6m	1m
5	6#基坑红线侧壁	47.5m	1m
6	7#基坑红线侧壁	41.7m	2m

按照《修复方案》要求，修复单位对上图所示 2#基坑（1 处）、3#基坑（1 处）、5#基坑（2 处）、6#基坑（1 处）及 7#基坑（1 处）共计 6 处进行了阻隔施工。采用复

核土工膜进行红线侧壁阻隔，“Z”字形铺设。

3.4.4.2. 第二阶段基坑阻隔施工

按照《修复方案》要求，对中区地块北侧红线侧壁 3 处及一类用地/二类用地分界线处进行阻隔后再进行基坑回填。

表3.4-42 第二阶段基坑红线侧壁信息

序号	位置信息	红线侧壁长度	红线侧壁深度
1	8#基坑红线侧壁	48.6m	4m
2	10#基坑红线侧壁	36.2m	2m
3	11#基坑红线侧壁	39.7m	2m
4	12#基坑红线侧壁	75.5m	2.5m

表3.4-43 第二阶段基坑内 1/2 类分界线信息

序号	位置信息	红线侧壁长度	红线侧壁深度
1	11#基坑 1/2 类分界线	57.7	2m
2	10#基坑 1/2 类分界线	71.2	2m
3	12#基坑 1/2 类分界线-1	71.3	7m
4	12#基坑 1/2 类分界线-2	68.0	3m

3.4.5. 污染土壤转运及堆存

3.4.5.1. 场内运输工程量及运输道路

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。

转运情况见下表。

表3.4-44 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	20	280	建筑垃圾冲洗区
2	2024/8/15	S10 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
3	2024/8/16	S10 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
4	2024/8/17	S10 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
5	2024/8/18	S10 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
6	2024/8/19	S10 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
7	2024/8/20	S10 表层地坪	高压水冲洗	14	196	建筑垃圾冲洗区
8	2024/8/26	S17 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
9	2024/8/28	S4 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
10	2024/8/29	S6 表层地坪	高压水冲洗	4	56	建筑垃圾冲洗区
11	2024/8/30	S7 表层地坪	高压水冲洗	20	280	建筑垃圾冲洗区
12	2024/9/1	S25 表层地坪	高压水冲洗	5	70	建筑垃圾冲洗区
13	2024/9/2	S20 表层地坪	高压水冲洗	9	126	建筑垃圾冲洗区
14	2024/9/15	S12 表层地坪	高压水冲洗	10	140	建筑垃圾冲洗区
15	2024/9/16	S11 表层地坪	高压水冲洗	8	112	建筑垃圾冲洗区
16	合计			230	3220	/
备注	修复单位注：前期对运输车辆装载能力进行试验，每车运输能力约 16m³，运输方量按 14m³/车估算，实际以基坑清挖量为准。					

表3.4-45 中区地块第一阶段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	52	728	中区预处理车间
2	2024/8/22	S10	水泥窑	46	644	中区预处理车间
3	2024/8/23	S10	水泥窑	53	742	中区预处理车间
4	2024/8/24	S10	水泥窑	61	854	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
5	2024/8/25	S10	水泥窑	54	756	中区预处理车间
6	2024/8/26	S10	水泥窑	62	868	中区预处理车间
7	2024/8/27	S10	水泥窑	30	420	中区预处理车间
8	2024/8/28	S10	水泥窑	38	532	中区预处理车间
9	2024/8/29	S4	水泥窑	17	238	中区预处理车间
10	2024/8/30	S10	水泥窑	27	378	中区预处理车间
11	2024/8/30	S4	水泥窑	40	560	中区预处理车间
12	2024/8/31	S10	水泥窑	65	910	中区预处理车间
13	2024/8/31	S4	水泥窑	5	70	中区预处理车间
14	2024/8/31	S6	水泥窑	20	280	中区预处理车间
15	2024/8/31	S7	水泥窑	20	280	中区预处理车间
16	2024/9/1	S10	水泥窑	48	672	中区预处理车间
17	2024/9/2	S10	水泥窑	19	266	中区预处理车间
18	2024/9/5	S35	水泥窑	45	630	中区预处理车间
19	2024/9/6	S35	水泥窑	53	742	中区预处理车间
20	2024/9/7	S49	水泥窑	63	882	中区预处理车间
21	2024/9/8	S35	水泥窑	30	420	中区预处理车间
22	2024/9/9	S35	水泥窑	9	126	中区预处理车间
23	2024/9/10	S35	水泥窑	49	686	中区预处理车间
24	2024/9/11	S35	水泥窑	57	798	中区预处理车间
25	2024/9/11	S37	水泥窑	13	182	中区预处理车间
26	2024/9/12	S35	水泥窑	15	210	中区预处理车间
27	2024/9/12	S36	水泥窑	45	630	中区预处理车间
28	2024/9/12	S37	水泥窑	36	504	中区预处理车间
29	2024/9/13	S36	水泥窑	24	336	中区预处理车间
30	2024/9/14	S37	水泥窑	34	476	中区预处理车间
31	2024/9/15	S37	水泥窑	25	350	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
32	2024/9/16	S12	水泥窑	40	560	中区预处理车间
33	2024/9/17	S11	水泥窑	19	266	中区预处理车间
34	2024/9/18	S11	水泥窑	12	168	中区预处理车间
35	2024/9/18	S37	水泥窑	23	322	中区预处理车间
36	2024/9/19	S37	水泥窑	24	336	中区预处理车间
37	2024/9/21	S51	水泥窑	26	364	中区预处理车间
38	2024/9/22	S53	水泥窑	23	322	中区预处理车间
39	2024/9/22	S51	水泥窑	36	504	中区预处理车间
40	2024/9/22	S52	水泥窑	30	420	中区预处理车间
41	2024/9/23	S51	水泥窑	33	462	中区预处理车间
42	2024/9/23	S52	水泥窑	14	196	中区预处理车间
43	2024/9/24	S52	水泥窑	16	224	中区预处理车间
44	合计			1451	20314	/
备注	修复单位注：前期对运输车辆装载能力进行试验，每车运输能力约 16m³，运输方量按 14m³/车估算，实际以基坑清挖量为准。					

5#基坑 S10 污染区域-1.0m 处存几处基础平台或石块，因该范围属于 S35 污染区域，需要继续向下清挖，S10 基坑收方时未进行破除，在 S35 污染区域清挖时直接破除后运输至中区地块预处理车间。

表3.4-46 中区地块第二阶段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	2024/9/29	S1	水泥窑	40	560	中区预处理车间
2	2024/9/30	S1	水泥窑	16	224	中区预处理车间
3	2024/10/2	S1	水泥窑	44	616	中区预处理车间
4	2024/10/3	S1	水泥窑	40	560	中区预处理车间
5	2024/10/4	S1	水泥窑	52	728	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
6	2024/10/5	S1	水泥窑	53	742	中区预处理车间
7	2024/10/8	S1	水泥窑	55	770	中区预处理车间
8	2024/10/9	S31	水泥窑	37	518	中区预处理车间
9	2024/10/10	S31	水泥窑	40	560	中区预处理车间
10	2024/10/11	S31	水泥窑	44	616	中区预处理车间
11	2024/10/12	S31	水泥窑	31	434	中区预处理车间
12	2024/10/16	S50	水泥窑	40	560	中区预处理车间
13	2024/10/16	S29	水泥窑	30	420	中区预处理车间
14	2024/10/17	S29	水泥窑	45	630	中区预处理车间
15	2024/10/18	S29	水泥窑	48	672	中区预处理车间
16	2024/10/19	S29	水泥窑	45	630	中区预处理车间
17	2024/10/20	S2	水泥窑	25	350	中区预处理车间
18	2024/10/21	S2	水泥窑	27	378	中区预处理车间
19	2024/10/22	S2	水泥窑	26	364	中区预处理车间
20	2024/10/23	S31	水泥窑	30	420	中区预处理车间
21	2024/10/24	S31	水泥窑	35	490	中区预处理车间
22	2024/10/26	S47	水泥窑	30	420	中区预处理车间
23	2024/10/27	S31	水泥窑	29	406	中区预处理车间
24	2024/11/1	S31	水泥窑	27	378	中区预处理车间
25	2024/11/3	S47	水泥窑	43	602	中区预处理车间
26	2024/11/7	S31	水泥窑	27	378	中区预处理车间
27	2024/11/9	S47	水泥窑	55	770	中区预处理车间
28	2024/11/12	S31	水泥窑	25	350	中区预处理车间
29	2024/11/13	S47	水泥窑	55	770	中区预处理车间
30	2024/11/13	S44	水泥窑	25	350	中区预处理车间
31	2024/11/14	S44	水泥窑	23	322	中区预处理车间
32	2024/11/14	S5	水泥窑	54	756	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
33	2024/11/14	S32	水泥窑	3	42	中区预处理车间
34	2024/11/15	S5	水泥窑	46	644	中区预处理车间
35	2024/11/16	S2	水泥窑	60	840	中区预处理车间
36	2024/11/17	S2	水泥窑	52	728	中区预处理车间
37	2024/11/17	S44	水泥窑	32	448	中区预处理车间
38	2024/11/18	S44	水泥窑	31	434	中区预处理车间
39	2024/11/18	S3	水泥窑	30	420	中区预处理车间
40	2024/11/19	S44	水泥窑	30	420	中区预处理车间
41	2024/11/19	S3	水泥窑	34	476	中区预处理车间
42	2024/11/23	S30	水泥窑	46	644	中区预处理车间
43	2024/11/23	S34	水泥窑	60	840	中区预处理车间
44	2024/11/25	S29	水泥窑	11	154	中区预处理车间
45	2024/11/26	S56	水泥窑	21	294	中区预处理车间
46	2024/11/27	S30	水泥窑	42	588	中区预处理车间
47	2024/11/27	S48	水泥窑	30	420	中区预处理车间
48	2024/11/27	S48	水泥窑	33	462	中区预处理车间
49	2024/11/27	S59	水泥窑	21	294	中区预处理车间
50	2024/11/28	S30	水泥窑	48	672	中区预处理车间
51	2024/12/1	S61	水泥窑	21	294	中区预处理车间
52	2024/12/1	S60	水泥窑	40	560	中区预处理车间
53	2024/12/2	S60	水泥窑	27	378	中区预处理车间
54	2024/12/2	S21	水泥窑	11	154	中区预处理车间
55	2024/12/2	S26	水泥窑	47	658	中区预处理车间
56	2024/12/3	S9	水泥窑	42	588	中区预处理车间
57	2024/12/3	S33	水泥窑	32	448	中区预处理车间
58	2024/12/3	S60	水泥窑	20	280	中区预处理车间
59	2024/12/4	S8	水泥窑	15	210	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
60	2024/12/4	S33	水泥窑	30	420	中区预处理车间
61	2024/12/5	S33	水泥窑	30	420	中区预处理车间
62	合计			2142	29974	/

表3.4-47 中区地块第一阶段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 (m³)	去向
1	2024/9/9	7#基坑	水泥窑	1	14	中区预处理车间
2	2024/9/20	5#基坑	水泥窑	19	266	中区预处理车间
3	2024/9/21	7#基坑	水泥窑	23	322	中区预处理车间
4	2024/9/24	7#基坑	水泥窑	6	84	中区预处理车间
5	2024/9/26	5#基坑	水泥窑	6	84	中区预处理车间
6	合计			55	770	/

表3.4-48 中区地块第二阶段扩挖及从严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 (m³)	去向
(1) 基坑扩挖修复清挖						
1	2024/10/16	12#基坑第 1 次扩挖	水泥窑	5	70	中区预处理车间
2	2024/10/28	12#基坑第 2 次扩挖	水泥窑	3	42	中区预处理车间
3	2024/11/20	12#基坑第 3 次扩挖	水泥窑	8	112	中区预处理车间
4	2024/11/21	潜在二次污染区域	水泥窑	1	5.5	中区预处理车间
5	2024/11/22	12#基坑第 4 次扩挖	水泥窑	14	196	中区预处理车间
6	2024/11/27	10、11#基坑第 1 次扩挖	水泥窑	4	56	中区预处理车间
7	2024/12/13	10#基坑第 3 次扩挖	水泥窑	1	5.9	中区预处理车间
8	小计			36	487.4	/
(2) 《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤清挖						
1	2024/10/18	S31	水泥窑	3	42	中区预处理车间

3.4.5.2. 异地转运北区工程量及运输道路

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”污染土壤清挖后需密闭运至北区地块预处理车间进行筛分预处理，随后在北区进行热脱附修复处置，修复后土壤在北区按照土壤类型分别进行堆存。复合污染土热脱附处置以后在北区进行阶段性效果评估，评审合格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，在完成修复处置进行修复效果评估。

现场为加快清挖效率，将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。

转运情况见下表。

表3.4-49 第一阶段跨地块转运记录表

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	2024/8/27	S17	热脱附	42	588	北区预处理车间
2	2024/8/28	S17	热脱附	16	224	北区预处理车间
3	2024/8/29	S17	热脱附	13	182	北区预处理车间
4	2024/9/2	S25	热脱附+水泥窑	25	350	北区预处理车间
5	2024/9/3	S17	热脱附	12	168	北区预处理车间
6	2024/9/3	S20	热脱附	34	476	北区预处理车间
7	2024/9/8	S41	热脱附	11	154	北区预处理车间
8	2024/9/9	S41	热脱附	8	112	北区预处理车间
9	2024/9/10	S41	热脱附	22	308	北区预处理车间
10	2024/9/11	S41	热脱附	17	238	北区预处理车间
11	2024/9/14	S38	热脱附	28	392	北区预处理车间
12	合计			228	3192	/

表3.4-50 第二阶段跨地块转运记录表

序号	基坑编号	污染区域编号	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污 染方量 (m³)	实际清挖方量 (m³)	开始时间	结束时间
1	7#	S20	0~1	汞	热脱附	426.0	399.2	2024/9/3	2024/9/3
2	7#	S25	0~1	重金属（除汞外）+汞	热脱附+水泥窑	250.5	291.5	2024/9/2	2024/9/2
3	6A#	S17	0~1	汞	热脱附	947.3	967.1	2024/8/27	2024/9/3
4	7#	S41	-1~2	汞	热脱附	676.5	696.2	2024/9/8	2024/9/11
5	2#	S38	-1~2	汞	热脱附	306.8	314.7	2024/9/14	2024/9/14
6	8#	S18	0~1	汞	热脱附	1092.6	1117.8	2024/9/28	2024/9/30
7	9#	S19	0~1	汞	热脱附	432.6	449.3	2024/10/4	2024/10/4
8	8#	S54	-2~3	有机	热脱附	1302.2	1338.2	2024/10/11	2024/10/13
9	10A#	S16	0~1	汞	热脱附	2053.7	2116.8	2024/10/17	2024/11/12
10	8#	S55	-2~3	重金属+有机	热脱附+水泥窑	442.8	451.7	2024/10/16	2024/10/16
11	8#	S57	-3~4	汞	热脱附	1079.9	1102.2	2024/10/10	2024/10/12
12	9#	S42	-1~2	汞	热脱附	605.4	615.4	2024/10/19	2024/10/20
13	12A#	S45	-1~2	重金属+有机	热脱附+水泥窑	217.2	219.7	2024/10/18	2024/10/18
14	12A#	S46	-1~2	重金属+氟化物+有机	热脱附+水泥窑	243.0	248.7	2024/10/18	2024/10/18

序号	基坑编号	污染区域编号	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污 染方量 (m³)	实际清挖方量 (m³)	开始时间	结束时间
15	9#	S58	-3~-4	汞	热脱附	612.4	624.9	2024/10/28	2024/10/29
16	10A#	S23	0~-1	重金属（除汞外）+汞	热脱附+水泥窑	458.6	464.8	2024/11/15	2024/11/15
17	10A#	S27	0~-1	汞+有机物	热脱附	770.9	775.9	2024/11/14	2024/11/15
18	10A#	S40	-1~-2	汞	热脱附	666.5	676.1	2024/11/11	2024/11/11
19	10A#	S24	0~-1	重金属（除汞外）+汞	热脱附+水泥窑	867.4	878.1	2024/11/18	2024/11/20
20	10A#	S14	0~-1	汞	热脱附	418.9	425.6	2024/11/20	2024/11/20
21	12A#	S28	-1~-2	重金属+有机	热脱附+水泥窑	756.9	762.7	2024/11/11	2024/11/12
22	10A#	S22	0~-1	有机	热脱附	192.0	198.7	2024/11/14	2024/11/14
23	10A#	S13	0~-1	汞	热脱附	104.9	106.4	2024/11/15	2024/11/15
24	10A#	S15	0~-1	汞	热脱附	863.4	875.5	2024/11/15	2024/11/15
25	10A#	S39	-1~-2	汞	热脱附	784.0	791.8	2024/12/4	2024/12/4
26	10A#	S43	-1~-2	重金属（除汞外）+汞	热脱附+水泥窑	213.0	214.9	2024/12/5	2024/12/5
27	8#	8#基坑扩挖-1	-2~-3	有机（石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ））	热脱附	6.0	6.0	2024/10/29	2024/10/29
28	10A#	10#基坑扩挖-2	0~-1	汞	热脱附	221.0	221.0	2024/12/2	2024/12/2
29	8#	S54 侧壁扩挖	-2~-3	有机（石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ））	热脱附	35.8	35.8	2024/10/13	2024/10/13

序号	基坑编号	污染区域编号	深度 (m)	污染物	处理工艺	设计污 染方量 (m³)	实际清挖方量 (m³)	开始时间	结束时间
30	9#	S19S42 夹层土	0~1	汞	热脱附	376.2	376.2	2024/11/21	2024/11/21
31	小计				热脱附	13975.0	14230.8	/	/
32					热脱附+水泥窑	3449.4	3527.8 (剔除 4.3)	/	/
33	合计					17424.4	17758.6	/	/

注：S24 污染土壤中存在 4.3m³ 污染土壤属于危险废物。

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 298m²。堆场均采用 FN2/PE-10-300-1 复合土工布的防渗方式，分别于 2024 年 8 月 3 日、2024 年 7 月 31 日建设完成。

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 2024 年 8 月 5 日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，冲洗区新建 FN2/PE-10-300-1 复合土工布+150mm 厚的 C25 混凝土地坪进行防渗，堆置区利旧原混凝土地坪表面铺设 FN2/PE-10-300-1 复合土工布进行防渗。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。

本项目于 2024 年 8 月 14 日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。采用 FN2/PE-10-300-1 复合土工布的防渗方式。

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（热脱附第一类用地）土壤目前只有 Y1-1 的土壤，于 1#疑似污染土堆场南侧单独成

堆。Y1-13、Y1-14、Y1-15、Y2-1、Y2-5、Y2-6 均为疑似污染土（水泥窑第一类用地）土壤，于 1#疑似污染土堆场动北侧一起堆存，不做分区。因此，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，采用 FN2/PE-10-300-1 复合土工布的防渗方式，于 2024 年 7 月 1 日建设完成。

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。

冲洗完成的建筑垃圾、开挖净土、疑似污染土、环境管理土需堆置待检，在效果评估合格后回填至原基坑。不同类型的土壤需分开堆置，避免二次污染。建筑垃圾冲洗后堆放区均采用“150mm 厚的 C25 混凝土地坪”的防渗，周转性的净土堆场及环境管理土堆场采用混凝土地坪防渗，非周转性堆场则采用复合土工膜防渗方式。通过防渗阻隔防止堆置的待检建渣及土壤对堆场下的土壤造成二次污染。

为提高场地使用效率，“热脱附+水泥窑”工艺污染土壤再经效评单位评估合格后，修复单位将该部分土壤从待检场转运至北区地块水泥窑预处理大棚内堆置待外运处置。

3.4.6. 污染土壤修复

3.4.6.1. 修复工程量

表3.4-51 热脱附修复土壤工程量

基坑面层	污染区域	污染类型	污染面积 (m ²)	污染面积 合计 (m ²)	污染方量 (m ³)	污染方量 合计 (m ³)	修复工艺
0-1m							
10A#-4	S13	汞	104.9	6339.4	104.9	6339.4	异位热脱 附
10A#-3	S14		418.9		418.9		
10A#-4	S15		863.4		863.4		

基坑面层	污染区域	污染类型	污染面积 (m²)	污染面积 合计 (m²)	污染方量 (m³)	污染方量 合计 (m³)	修复工艺	
10A#-5 10A#-4	S16		2053.7		2053.7			
6A#	S17		947.3		947.3			
8#-1	S18		1092.6		1092.6			
9#-1	S19		432.6		432.6			
7#-1	S20		426.0		426.0			
10A#-4	S22	石油烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	192.1	192.1	192.1	192.1		
10A#-3	S23	砷、汞	458.6	1326.1	458.6	1326.1		异位热脱 附+异位 水泥窑
10A#-3	S24		867.5		867.5			
7#-1	S25	砷、铅、 汞	250.5	250.5	250.5	250.5		
10A#-4	S27	汞、石油 烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	770.9	770.9	770.9	770.9		异位热脱 附
1-2m								
2#	S38	汞	306.8	306.8	306.8	306.8	异位热脱 附	
10A#-7	S39		784.1	784.1	784.1	784.1		
10A#-8	S40		666.4	666.4	666.4	666.4		
7#-4	S41		676.5	676.5	676.5	676.5		
9#-2	S42		605.4	605.4	605.4	605.4		
10A#-7	S43	铅、汞	213.0	213.0	213.0	213.0	异位热脱 附+异位 水泥窑	
12A#-3	S45	砷、铅、 钨、苯并 (a)	217.2	217.2	217.2	217.2		

基坑面层	污染区域	污染类型	污染面积 (m²)	污染面积 合计 (m²)	污染方量 (m³)	污染方量 合计 (m³)	修复工艺
		茈、二苯 并（a， h）蒽					
	S46	铅、钨、 苯并 （a） 茈、二苯 并（a， h）蒽、 氟化物、 石油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）	242.9	242.9	242.9	242.9	
2-3m							
8#-4	S54	石油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）	1302.2	1302.2	1302.2	1302.2	异位热脱 附
8#-2	S55	砷、铅、 石油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）	442.8	442.8	442.8	442.8	异位热脱 附+异位 水泥窑
3-4m							
8#-5	S57	汞	1079.9	1692.3	1079.9	1692.3	异位热脱 附
9#-3	S58		612.4		612.4		
总计	异位热脱附工程量			13336.1		17119.6	
	异位热脱附+异位水泥窑工程量			3445.2			

①S28 污染区域，风评阶段确定的污染类型为重金属（除汞外）污染土壤，经过对场调数据的核查，实际污染类型为有机物+重金属（除汞外）污染土壤，污染方量 756.9m³；②通过危废鉴别，S1、S31、S47 污染区域（污染类型为重金属（除汞外））中鉴别出 88.6m³ 危险废物，S24 污染区域（污染类型为重金属（除汞外）+汞）中鉴别出 4.1m³ 危险废物。

3.4.6.2. 异位热脱附修复施工

本项目对于汞污染土壤，有机物污染土壤，汞+有机物污染土壤，采用异位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；对于汞+重金属（除汞外）污染土壤，重金属（除汞外）+有机物污染土壤，重金属（除汞外）+氟化物+有机物污染土壤采用异位间接热脱附修复工艺处置并效果评估检测合格后，再外运进行水泥窑协同处置。

修复单位根据《中区地块修复方案》及《北区地块修复方案》要求，对转运至北区地块热脱附大棚“采用热脱附修复处置工艺污染土壤 14230.8m³ 及采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 3527.8m³”进行预处理作业。

预处理药剂投加比 1~3%，总计筛分次数为 2 次（筛分破碎斗+滚筒筛）。共计使用预处理药剂约 281.0t。筛分 301 车污染建筑垃圾（筛上物）。

所有中区地块转运至北区地块污染土壤经过预处理剔除污染建筑垃圾（筛上物）后，全部通过上料系统进入热脱附回转窑中进行热脱附修复处置。

本项目热脱附尾气首先进入除尘单元（旋风除尘器+布袋除尘器）进行两级除尘，后被抽出至冷凝单元，在极短的时间内将其温度降至 200℃ 以下，使污染气体凝结成液态，进入到热脱附尾水处理系统进行处理，同时急冷可以避免二噁英的产生，随后污染气体进入吸附单元一被拦截吸附，综合考虑达标排放风险及人员健康风险，在“除尘单元+冷凝单元+吸附单元一”后端增加“洗涤单元+吸附单元二”，确保气相中污染物已被完全吸附，处理后尾气最终通过烟囱达标排放。

热脱附尾水指热脱附尾气处理系统中产生的冷凝液等废水，通过管道收集至相应的储液罐或污水集水池中，随后进入热脱附尾水处理系统中进行前处理，依次在热脱附尾水处理系统中调节池、氧化池、中和絮凝沉淀池、中间水池、活性炭过滤器完成处理后，收集至场内的水处理设备最终处理。

北区地块配有 1 套处理能力为 20t/h 的水处理设备（2#）和一套热脱附设备配备的

处理能力为 5t/h 的热脱附尾水处理系统（1#）。其中热脱附尾水处理系统仅用于热脱附废水的前处理，完成前处理后，再用水泵将热脱附废水抽至水处理设备进行深度处理，确保出水能够达标；基坑涌水、冲洗废水等一般废水直接抽至水处理设备进行处理。絮凝沉淀池的底泥和调节池的泥沙等沉淀物均收集至污泥浓缩池，进行板框压滤后，产生的泥饼作为危废处置，压滤后的废水回流至调节池。

北区地块污水处理产生污泥及废活性炭等需等待后期北区地块修复效果评估时完成相应处置：交由有资质危废处置单位进行处置，不纳入中区地块修复效果评估范围。

北区地块办理取得《污水排入排水管网许可》，污废水经处理后由环境监理进行采样监测达标后直接纳管排放。

3.4.7. 建筑垃圾及筛上物冲洗处理

3.4.7.1. 建筑垃圾及筛上物冲洗工程量

本项目第一阶段施工中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。

表3.4-52 第一阶段建筑垃圾/筛上物冲洗工程量

序号	建渣来源	建渣转运车数	建渣方量（m ³ ）	备注
1	表层污染建筑垃圾	190	2660	第一类用地，实测堆体方量 7208m ³
2	中区地块预处理车间	341	4774	
3	小计	531	7434	
4	表层污染建筑垃圾	40	560	第二类用地，实测堆体方量 657m ³
5	中区地块预处理车间	6	84	
6	小计	46	644	

注：前期对运输车辆装载能力进行试验，每车运输能力约 16m³，运输方量按 14m³/车估算。

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 372 车约 5208m³（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 506 车约 7084m³（虚方）。一并进行冲洗及打堆堆置。

表3.4-53 第二阶段建筑垃圾/筛上物冲洗工程量

序号	建渣来源	建渣转运车数	建渣方量（m ³ ）	备注
1	表层污染建筑垃圾	372	5208	按照一类修复目标值效评 实测堆体方量 11409m ³
2	中区地块预处理车间	506	7084	
3	合计	878	12292	

3.4.7.2. 建筑垃圾及筛上物冲洗施工

（1）地坪地基破碎污染建筑垃圾

根据《修复方案》的要求，在对土壤污染区域进行清挖前，将清挖范围内遗留构筑物地基等采用液压破碎锤进行了破拆并用挖机进行清理，部分大块污染建筑垃圾直接转运至建筑垃圾冲洗场。

（2）预处理车间内污染建筑垃圾筛分及暂存

为了加快清挖效率，采用挖掘机等工程机械对破拆后产生的污染建筑垃圾随污染土壤一并清理并装车运至预处理车间进行筛分破碎预处理。筛分破碎预处理产生的建筑垃圾暂存在预处理车间内。

清挖区直接运输至建筑垃圾冲洗堆场的建筑垃圾，以及预处理车间内暂存并定期集中采用运输车辆装车后运至建筑垃圾冲洗堆场的建筑垃圾，堆置在冲洗堆场的中央，采用消防水炮对堆场内上下污染建筑垃圾进行充分冲洗，挖机配合翻面，冲去粘附在建筑垃圾表面的土壤。冲洗干净的建筑垃圾堆放在建筑垃圾冲洗场（堆置区），覆盖蓝银布。

3.4.8. 水泥窑协同处置

3.4.8.1. 水泥窑协同处置工程量

中区地块预处理车间内经预处理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。采用水泥窑协同处置技术修复的污染土壤理论修复工程量共计 41835.3m³，实际修复工程量共计 43621.4m³（以基坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）。采用先热脱附修复后外运水泥窑协同处置技术的污染土壤理论修复工程量共计 3445.3m³，实际修复工程量共计 3527.8m³（以基坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）。因此外

运水泥窑协同处置设计总方量为 45280.6 m³，实际总方量为 47149.2 m³。

依据每家水泥厂水泥窑协同处置固体废物的投加比和水泥熟料线产能，结合环评报告中水泥生产过程中的生料熟料质量比，可计算每家水泥厂的日固体废物消耗量，结合本项目工期安排并综合考虑运距，可将总水泥窑协同处置污染土壤量分配至各家水泥厂，本项目每家水泥厂的协同处置工期和污染土壤协同处置量分配如下。

表3.4-54 本项目各家水泥厂污染土壤协同处置量

处置 单位	年度可接收处 置污染土壤余 量（万吨）	可处置污染土壤类型	运距 (km)	熟料产 能(t/d)	接收量						接收时间	完成处置时 间
					单独水泥窑		热脱附后水泥窑		合计			
					接收重 量（t）	车 次	接收重量 （t）	车次	接收重 量（t）	车次		
惠州 光远	7.9	重金属（除汞外）、 氟化物、有机物	168	9000	30862.14	989	0	0	30862.14	989	8月22日至 12月8日	2025年1 月5日
阳春 海螺	7.8	重金属（除汞外）、 氟化物	175	5500	25649.16	831	440.74	14	26089.90	845	8月28日至 12月23日	2024年12 月25日
梅州 塔牌	18.0	重金属（除汞外）、 氟化物	465	20000	3150.66	92	4118.26	114	7268.92	206	8月28日至 12月30日	2025年1 月9日
合计					59661.96	1912	4559.0	128	64220.96	2040	/	/

3.4.8.2. 水泥窑协同处置土壤预处理施工

依据《施工总结报告》，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，根据公司以往项目及现场试验经验，预处理药剂投加比 3%，一级筛分次数为 1 次和二级筛分次数为 1 次。

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 852t。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。

第二阶段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 25400.3m³，含水泥窑协同处置工艺扩挖污染土壤 508.7m³，剔除水泥窑协同处置范围内污染土壤（危险废物）91.1m³（实际清挖方量，设计方量为 88.6 m³）。共计使用预处理药剂约 1144 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。

3.4.8.3. 水泥窑协同处置土壤外运概况

本项目污染土壤采用陆路运输，运输汽车采用重型自卸半挂车，污染土壤转运过程中每运输一车，填写一份转运联单，到达目的地后，接收负责人将按联单填写内容对污染土进行验收。

在监理单位和建设单位见证下，水泥窑污染土壤外运时做到每车次出场和进厂时过磅，车辆行驶轨迹与运输路线一致，所有信息均填写在《佛山市污染土壤转运联单》，确保所有离场污染土壤均由水泥厂接收并完成处置；车辆上路清洁无污泥附着避免造成二次污染。

根据处置单位土壤处置完成证明，广东塔牌集团股份有限公司蕉岭分公司于 8 月

28 日至 12 月 30 日完成本地块 206 车次的污染土壤接收工作,经入厂过磅,累积 7268.92t 污染土壤。

根据处置单位土壤处置完成证明,阳春海螺水泥有限责任公司于 8 月 28 日至 12 月 23 日完成本地块 845 车次的污染土壤接收工作,经入厂过磅,累积接收重金属土壤 26089.9t。

根据处置单位土壤处置完成证明,惠州市光大水泥企业有限公司于 8 月 22 日至 12 月 8 日完成本地块 989 车次的污染土壤接收工作,经入厂过磅,累积接收重金属土壤 30862.14t。广东塔牌集团股份有限公司蕉岭分公司接收处置证明

3.4.9. 危险废物处置

3.4.9.1. 危险废物范围

根据施工总结报告“4.1.1.1 外运土壤危险废物属性鉴别”结论,水泥窑工艺污染土壤中存在 88.6m³ 污染土壤属于危险废物,先热脱附再水泥窑工艺污染土壤中存在 4.1m³ 污染土壤属于危险废物,合计危险废物污染土壤设计方量为 92.7 m³。

危险废物污染土壤方量情况详见下表:

表3.4-55 危险废物土壤方量明细 (m³)

类别	危险废物土壤设计方量	危险废物土壤实际清挖方量
水泥窑工艺	88.6	91.1
热脱附+水泥窑工艺	4.1	4.3
危险废物合计	92.7	95.4

1. 含危险废物土壤

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》,佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤中存在 5 个区域的土壤具有毒性物质含量危险特性,分别为 GF8 点位 0-1m 管控区域、GF13 点位 0-1m 管控区域、GF42 点位 2-3m 管控区域、GF25 点位 1-2m 管控区域、GF29 点位 1-3m 管控区域。

总土方量约 92.724m³ 的污染土壤不具有易燃性、反应性、急性毒性、腐蚀性、感染性、浸出毒性危险特性,具有毒性物质含量危险特性,属于危险废物。

2. 污泥及活性炭

污水处置工艺会产生一定污泥，暂存与污泥池中。第一阶段暂未清理，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，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。

3.4.9.2. 危险废物土壤清挖

1. 定位放线

修复单位根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》划分的范围对各个危险废物管控区域进行定位放线，整个定位放线过程在环境监理的监督旁站下进行。

2. 危险废物清挖

施工过程中实际开挖线略微大于定位放线区域，清挖过程中未发现明显异常的污染土壤。

3. 现场装袋打包

挖掘机清挖危废之后现场进行装袋打包，装袋现场铺设防渗布，打包后防雨布覆盖，等待装车外运。

4. 成坑范围复核

危废区域清挖后采用 RTK 进行基坑拐点和高程的测量，经监理复核，清挖的深度面积和方量均大于预设值。危险废物土壤转运

本项目中作为危险废物的污染土壤由修复单位委托珠海市粤隆运输有限公司和深圳市东江恺达运输有限公司进行运输，由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置。为防止二次污染，危废土壤清挖后直接装袋打包，装车后过磅运输出场。

2024 年 10 月 12 日-11 月 12 日，完成全部危废土壤的外运工作，共运输 6 车次，共

计 155.29 吨。本项目共清挖危废土壤 95.42m³，土壤平均密度为 1.63g/cm³，《风险评估》中土壤理化特征参数检测结果显示土壤平均密度为 1.64t/m³，符合逻辑。

3.4.9.3. 污泥及活性炭处置

根据施工总结报告，2025 年 1 月 7 日，累计清理并由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置混凝沉淀污泥 28.28 吨。根据《修复方案》要求及环境监测情况，施工过程中无需进行尾气和污水处理设备活性炭更换，从严从谨，2024 年 11 月 22 日将污水处理设备活性炭进行更换 0.97 吨，已经交由韶关东江环保再生资源发展有限公司依规进行处置。

目前，已完成中区地块剩余混凝沉淀污泥清理并由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置。清理 2 套开挖大棚配套尾气处理设备中废活性炭 2.27 吨，已经交由韶关东江环保再生资源发展有限公司依规进行处置。

2025 年 2 月 27 日，修复单位将中区地块场内留存预处理车间及开挖大棚配套尾气处理设备废活性炭 4.58 吨、污水处理设备废活性炭及污水处理设备混凝工段产生污泥（危废）0.5 吨清理并交由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置。

作为危险废物的污泥和废活性炭均由修复单位委托珠海市粤隆运输有限公司和深圳市东江恺达运输有限公司进行运输，由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置。

3.4.10. 基坑回填

3.4.10.1. 第一阶段基坑回填施工

2024 年 11 月 4 日，《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》经专家复核通过，修复单位立刻开展第一阶段效果评估合格基坑回填工作。

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，由修复单位进行阻隔（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、3#基坑、5#-2 基坑部分红线侧壁处（有拉森钢板桩），以及 5#-1 基坑及 6A#基坑红线侧壁处未进行效果评估，在进行阻隔后已回填土方。7#基坑红线侧壁处已通过效果评估，已直接回填土方。

按照《修复方案》要求，修复单位对上图所示 2#基坑（1 处）、3#基坑（1 处）、5#基坑（2 处）、6#基坑（1 处）及 7#基坑（1 处）共计 6 处进行了阻隔施工。采用复核土工膜进行红线侧壁阻隔，“Z”字形铺设。

基坑红线侧壁阻隔施工完成并经监理验收通过后，修复单位开展土方回填。

第一阶段非污染土壤及建筑垃圾不足回填至原始标高，根据《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（备案稿）》要求，未回填完 5#基坑采用第二阶段一类夹层净土回填至原始标高。

第一阶段清挖完基坑（2#、3#、4#、5#、6#、7#）经效评单位效评采样后，修复单位将基坑铺设蓝银布，避免雨水及场地粉尘对基坑造成二次污染。

第一阶段效评合格基坑在回填完成之后，修复单位在回填后区域表层铺设蓝银布，避免雨水及场地粉尘对基坑造成二次污染，实际施工时第二阶段多为晴天，未出现雨水冲刷地表情况。部分区域出现破损时及时加盖防尘网。

3.4.10.2. 第二阶段基坑回填施工

按照《修复方案》要求，对中区地块北侧红线侧壁 3 处及一类用地/二类用地分界线处进行阻隔后再进行基坑回填。

修复单位将堆场上各类非污染土壤及冲洗合格建筑垃圾（筛上物）依次回填至 12#、8#、9#基坑，一类土壤、二类土壤（含环境管理土）分别回填至相应范围内。

- （1）北区地块异地热脱附修复后土壤及冲洗合格建筑垃圾回填至 10#基坑；
- （2）中区地块内二类土壤（含环境管理土）回填至 12 号基坑二类用地范围内；
- （3）中区地块内一类土壤及冲洗合格建筑垃圾回填至 12#基坑一类用地范围内及 8#、9#基坑-4m 区域；

中区地块单独水泥窑工艺污染土壤及复合工艺污染土壤经预处理剔除建筑垃圾后，将筛下污染土壤全部外运至水泥厂进行水泥窑协同处置，该部分土石方大约 3.8 万余方。因此本项目暂时无法回填至原始标高。

注：第 11~15 项土壤均来自二类用地范围内，其中第 12、13、15 项土壤由效评单位效评监测，满足一类用地土壤修复目标值要求，回填至 12#基坑二类用地范围内；中区地块内和北区地块异地修复产生冲洗合格建筑垃圾（筛上物）由效评单位按照一类用

地修复目标值全指标效评监测，满足一类用地土壤修复目标值要求，已混合无法区分，因此回填至一类用地范围内；北区地块异地热脱附修复后土壤由效评单位按照一类用地修复目标值效评监测，满足一类用地土壤修复目标值要求，2025 年 1~2 月清理场地以便开展北区地块污染土壤修复助理已混合无法区分，因此回填至一类用地范围内。

3.4.11. 土方平衡

中区地块实施修复污染土壤方量详见下表。

表 3-1 中区地块污染土壤方量 (m³)

类别	《风险评估》	《修复方案》	《施工总结报告》	
			风评污染范围	扩挖修复范围
水泥窑工艺	42680.8	41835.3	42442.2	1179.2
热脱附工艺	13336.2	13336.2	13591.8	639
热脱附+水泥窑工艺	2692.4	3445.2	3527.8	0
危险废物	0	92.7	95.4	0
合计	58709.4	58709.4	59657.2	1818.2
			61475.4	

中区地块进行水泥窑协同处置工艺污染土壤修复处置，北区地块内进行中区地块转运北区地块热脱附修复工艺污染土壤及“热脱附+水泥窑”修复工艺污染土壤修复处置。

一般石方破碎后其松散系数是 1.4~1.5，冲洗合格建筑垃圾（筛上物）虚方系数经验参数取 1.45 复合这一范围。

中区地块内水泥窑工艺污染土壤经预处理筛分产生污染建筑垃圾（筛上物）实方量为 $13292.4-5531.0=7761.4\text{m}^3$ ，预处理筛下污染土壤理论实方量为 $43617.0-7761.4=35855.6\text{m}^3$ 。中区地块内水泥窑工艺污染土壤经预处理筛下污染土壤全部外运至水泥厂（含 1996.0 吨预处理药剂），3 家水泥厂水泥窑工艺污染土壤接收总量为 59661.96 吨，推算筛下污染土壤密度约为 $(59661.96-1996.0)/35855.6\approx 1.61\text{t/m}^3$ 。《风险评估》中土壤理化特征参数检测结果显示土壤平均密度为 1.64t/m^3 ，污染土壤经添加石灰预处理筛分后，筛下污染土壤含水率降低，密度同样减小。因此经推算出的筛下污染土壤密度 1.61t/m^3 符合逻辑。

复合工艺污染土壤经热脱附修复后含水率降低较大，经推算其密度 1.52t/m^3 符合逻辑。

辑。污水处理及水平衡

根据场区工程地质条件和水文地质条件，场地内主要有上层滞水、孔隙水和基岩裂隙水。对基坑运行有影响的主要为上层滞水和砂层中的孔隙水。

（1）基坑顶部截水沟

在基坑四周距坡顶 1.0m 处设置一圈截水沟，以收集基坑周边雨水，避免雨水流入基坑造成水土冲刷及二次污染。截水沟按 3‰坡率流入集水井中，经集水井收集统一排入市政排水系统。

（2）基坑底部排水沟和集水井

本项目在基坑底部设置排水沟及集水井，对基坑涌水进行集中收集、排放处理。集水明排主要将基坑废水经排水沟收集到基坑内临时集水井，再由外接水泵抽至地面调节池，再通过移动式污水处理系统处理达标后外排，避免废水长时间在基坑内停留而造成二次污染及对基坑安全稳定性产生影响。

基坑底排水沟采用直接清挖沟槽的方式，在基坑底部四周设置排水沟，收集的废水按照设计坡度汇至若干内净尺寸为 1m×1m×1m 的集水井中。当集水井收集满后，利用外接水泵将集水井的废水抽出至地面调节池进行水质调节及后续处理。整个污水转运过程严格控制污水泄漏，对于水泵及运输管道的接头等容易泄露的部位，采取加固、密封等措施进行控制，并安排专人进行检查，避免污水在转运过程中泄露。

（3）堆场排水沟

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。

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了“复合土工膜+混凝土地坪”的防渗方式，周边设置了一圈排水沟和沉砂池。冲洗废水经冲洗功能区四周排水沟收集经沉砂池澄清后，由排污泵抽排至调节池进行污水处理。

在车辆冲洗环节，高压水枪冲洗车辆设备后形成污水，在洗车池周边设置了一圈排水沟，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。

本项目于 2024 年 8 月 17 日建设完成了污水处理系统 1 套，用于基坑水、建筑垃圾冲洗水及其他污废水处理，污水处理系统实际处理规模 240m³/d。污水处理设备出水

经监测合格后方可回用，污水处理是持续不间断的过程，每批次水池采样后停止进水，经监测合格水池中回用需 2-3 天才能回用完毕；因此需要多座回用水水池方能满足监测回用的要求。修复单位计划新增 2 座 pvc 支架水池作为回用水暂存池使用（共计投入 3 座回用水暂存池），分布于场地内非土方开挖区域。

修复单位根据集水井及基坑水位情况，无差别收集基坑水、场地集水井雨污水和建筑垃圾冲洗水，统一抽排至调节池进行后续处理。修复单位将所有污废水均按“混凝沉淀+砂过滤+高级氧化+活性炭吸附（载硫活性炭）”工艺进行处理，监理取样检测合格后回用。

截止 2025 年 1 月 8 日，累计清理并由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置混凝沉淀污泥 28.28 吨。污水处理的污泥产生量及处置情况详见章节“3.4.10.4 污泥及活性炭处置”。

截至 2024 年 12 月 17 日，累计处理 11170m³ 污废水，环境监理共监测 34 批次（34 水池水量），监测结果满足回用要求，回用完 34 批次中水共计 11170m³（建筑垃圾车冲洗回用 3060m³ 及洒水车洒水喷淋 8110m³）。

3.4.12. 《施工阶段总结》报告结论

3.4.12.1. 施工报告结论

第一阶段施工总结：

修复工程 2024 年 8 月 12 日完成《修复方案》佛山市生态环境局备案工作，2024 年 8 月 20 日项目监理单位下发工程开工批准材料，至 2024 年 9 月 28 日，修复单位已完成中区地块第一阶段的施工，包括施工准备、临建建设、2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#整个基坑及 12A#基坑（S4）污染土壤的清挖修复工作、中区地块需热脱附污染土转运至北区地块工作。项目实施过程中严格按照修复方案中的技术及施工要求，完成了各项修复施工任务。

（1）修复单位已完成中区地块 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#整个基坑及 12A#部分基坑污染土壤（污染方量 20889.8m³（实方，含基坑扩挖修复污染土壤 670.5m³）的清挖，2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#基坑已通过第一阶段效果评估。

（2）修复单位完成中区地块 2#、3#、5#、7#基坑中 3687.4m³ 夹层净土（一类）清挖转运，堆置于 1#净土堆场（第一阶段）、153.4m³ 夹层疑似污染土（热脱附一类）清

挖转运，堆置于 1#疑似污染土堆场南侧、1526.2m³ 夹层疑似污染土（水泥窑一类）清挖转运，堆置于 1#疑似污染土堆场东北侧。夹层疑似污染土（热脱附一类）及夹层疑似污染土（水泥窑一类）已通过第一阶段效果评估。

经监理复核确认：夹层净土（一类）堆体方量 4461m³（虚方），夹层疑似污染土（热脱附一类）堆体方量 184m³（虚方），夹层疑似污染土（水泥窑一类）堆体方量 1838m³（虚方）。

（3）修复单位已完成中区地块第一阶段所有污染建筑垃圾（含筛上物）包含：污染区域表层地坪及预处理车间剔除筛上物。所有污染建筑垃圾（含筛上物）采用高压水冲洗至表面无显著污泥附着，分类打堆堆置，已通过第一阶段效果评估。

经监理复核确认：一类冲洗合格建筑垃圾（含筛上物）堆体方量 7208m³（虚方），二类冲洗合格建筑垃圾（含筛上物）堆体方量 657m³（虚方）。

（4）中区地块预处理合格污染土壤水泥窑协同处置

中区地块 3#、4#、5#、6B#、7#及 12A#基坑重金属（除汞外）污染土壤 18221.1m³（含扩挖修复污染土壤 670.5m³），预处理筛下污染土壤已全部外运至水泥厂进行水泥窑协同处置。纳入最终项目修复效果评估工作内容。

（5）中区地块污染土壤转运北区地块异地修复

转运至北区地块进行异位热脱附处置的污染土壤 2377.2m³，转运至北区地块采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺的污染土壤 291.5m³。纳入最终项目修复效果评估工作内容。

（6）在本工程的施工过程中，对施工过程中可能造成二次污染的环节，严格按照《修复方案》的相关要求，并结合现场实际施工情况，建设了各种修复设施，配备了相应修复设备，同时采取了针对性措施，各项设施、措施落实到位。

2024 年 10 月 31 日，佛山市生态环境局组织召开了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复第一阶段效果评估报告》专家评审会，报告通过了专家评审。

第二阶段施工总结：

目前，修复单位已完成中区地块第二阶段的施工，包括第一阶段修复效果评估、第二阶段临建建设、1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑（不含 S4）污染土壤的清挖修复工作、中区地块转运北区地块污染土壤异地及修复处置工作。项目实施过程中严格按照修复方案中的技术及施工要求，完成了各项修复施工任务。

(1) 修复单位已完成中区地块 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑（不含 S4）污染土壤共计清挖污染土壤 40585.6m³（含基坑扩挖修复污染土壤 705.3m³、根据《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤 66.2m³及从严修复污染土壤 376.2m³，污染土壤（危险废物）95.4m³）清挖，1#、8#、9#、10#、11#及 12#基坑**具备申请效果评估条件**。

(2) 完成中区地块 1#、8#、9#、10#、11#及 12#基坑非污染土壤清挖转运堆置。土方清挖出的夹层净土（一类）、夹层净土（二类）、疑似污染土（热脱附，一类）、疑似污染土（水泥窑，一类）疑似污染土、（热脱附+水泥窑，一类）、扩挖疑似污染土（水泥窑，一类）、扩挖疑似污染土（热脱附，一类）、疑似污染土（水泥窑，二类）、环境管理土、环境管理土-疑似污染土（水泥窑）、环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）分别堆置在相应堆场堆置待检。**各类待检土壤具备申请效果评估条件**。

经监理复核确认：夹层净土（一类）堆体测量方量共计 1446m³（虚方）、夹层净土（二类）堆体测量方量共计 832m³（虚方）、疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 1876m³（虚方）、疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 3292m³（虚方）、疑似污染土（热脱附+水泥窑，一类）堆体测量方量共计 4461m³（虚方）、扩挖疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 41m³（虚方）、扩挖疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 34m³（虚方）、疑似污染土（水泥窑，二类）堆体测量方量共计 366m³（虚方）、环境管理土-疑似污染土（水泥窑）堆体测量方量共计 335m³（虚方）、环境管理土堆体测量方量共计 1207m³（虚方）、环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）堆体测量方量共计 309m³（虚方）。

(3) 修复单位已完成中区地块第二阶段所有污染建筑垃圾（含筛上物）包含：污染区域表层地坪及预处理车间剔除筛上物。**所有污染建筑垃圾（含筛上物）采用高压水冲洗至表面无显著污泥附着，分类打堆堆置，具备申请效果评估条件**。

经监理复核确认：冲洗合格建筑垃圾（筛上物）堆体测量方量共计 11409m³（虚方）。

(4) 中区地块预处理合格污染土壤水泥窑协同处置

修复单位已完成中区地块第二阶段 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑重金属（除汞外）污染土壤 25400.3m³（含基坑扩挖修复污染土壤及《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤 508.7m³，剔除污染土壤（危险废物）91.1m³）预处理筛下污染土壤已全部外运至水泥厂进行水泥窑协同处置。

中区地块第一阶段及第二阶段水泥窑工艺污染土壤共计 43621.4m³污染土壤（以基

坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）预处理筛下污染土壤全部外运至水泥厂进行水泥窑协同处置，目前 3 家水泥厂已经完成全部污染土壤接收处置（59661.96 吨）。具备申请效果评估条件。

（5）中区地块污染土壤异地转运北区地块修复

中区地块转运至北区地块进行异位热脱附处置的污染土壤 14230.8m³（含基坑扩挖修复污染土壤及《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤 639m³），转运至北区地块采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺的污染土壤 3527.8m³（已剔除污染土壤（危险废物）4.3m³）。所有转运异地修复污染土壤均已经完成修复处置，“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤经效评单位评估合格后已全部外运至水泥厂进行最终处置，目前水泥厂已经完成该污染土壤接收处置。

经监理复核确认：热脱附修复后土壤堆体测量方量共计 16415.64m³（虚方），其中热脱附修复处置工艺污染土壤 13176.12m³，先热脱附再水泥窑修复处置工艺污染土壤 3239.52m³。

经监理复核确认：冲洗合格建筑垃圾（筛上物）堆体测量方量共计 4116.09m³（虚方）；先热脱附再水泥窑工艺污染土壤外运 4559.0 吨。

（6）在本工程的施工过程中，对施工过程中可能造成二次污染的环节，严格按照《修复方案》的相关要求，并结合现场实际施工情况，建设了各种修复设施，配备了相应修复设备，同时采取了针对性措施，各项设施、措施落实到位。

综上所述，本修复工程实施全过程合理合规，各项监测均满足修复方案的要求，已完成的内容符合效果评估条件，申请进行效果评估。

3.4.12.2. 施工变更情况

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，广东省建筑工程监理有限公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3.4-56 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

3.4.12.3. 实际施工与修复方案的一致性对比

表3.4-57 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	施工执行情况	相符性	施工变更
修复工程量	第一阶段： (1) 完成了 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#及 12A#基坑范围内污染区域表层地坪破碎清挖 2163.8m³，全部转运至污染建筑垃圾冲洗场进行冲洗处理。 (2) 完成中区地块 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7# 整个基坑及 12A#部分基坑污染土壤清挖（含建筑垃圾）20219.3m³（设计方量 19897m³）； (3) 污染土壤总清挖量 20219.3m³，其中采用水泥窑协同处置工艺污染土壤土方量 17550.6m³，转运至北区地块预处理车间的需热脱附修复污染土壤 2377.2m³，转运至北区地块预处理车间采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 291.5m³。 第二阶段： (1) 完成了 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#	第一阶段： (1) 完成了 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#及 12A#基坑范围内污染区域表层地坪破碎清挖 2163.8m³，全部转运至污染建筑垃圾冲洗场进行冲洗处理。 (2) 完成中区地块 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7# 整个基坑及 12A#部分基坑污染土壤清挖（含建筑垃圾）20219.3m³（设计方量 19897m³）； (3) 污染土壤总清挖量 20219.3m³，其中采用水泥窑协同处置工艺污染土壤土方量 17550.6m³，转运至北区地块预处理车间的需热脱附修复污染土壤 2377.2m³，转运至北区地块预处理车间采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 291.5m³； (4) 经效果评估单位确认，扩挖修复污染土壤 670.5m³（水泥窑工艺污染土壤）。	符合	有：2 项，0~3m 基坑均采用垂直开挖。

	基坑（不含 S4）污染土壤范围内污染区域表层地坪破碎清挖 3367.2m³，全部转运至污染建筑垃圾冲洗场进行冲洗处理。 （2）完成中区地块 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑（不含 S4）污染土壤共计清挖污染土壤 39467.9m³（含污染土壤（危险废物）95.4m³）（设计方量 38812.2m³）； （3）污染土壤总清挖量 39467.9m³，其中采用水泥窑协同处置工艺污染土壤土方量 24982.7m³（其中 91.1m³属于危险废物，交由专业处置单位外运处置），转运至北区地块预处理车间需热脱附修复处置的污染土壤 11214.6m³，转运至北区地块预处理车间采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 3240.6m³（其中 4.3m³属于危险废物，交由专业处置单位外运处置）。	第二阶段： （1）完成了 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑（不含 S4）污染土壤范围内污染区域表层地坪破碎清挖 3367.2m³，全部转运至污染建筑垃圾冲洗场进行冲洗处理。 （2）完成中区地块 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑（不含 S4）污染土壤共计清挖污染土壤 39467.9m³（含污染土壤（危险废物）95.4m³）（设计方量 19897m³）； （3）污染土壤总清挖量 39467.9m³，其中采用水泥窑协同处置工艺污染土壤土方量 24982.7m³（其中 91.1m³属于危险废物，交由专业处置单位外运处置），转运至北区地块预处理车间需热脱附修复处置的污染土壤 11214.6m³，转运至北区地块预处理车间采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 3240.6m³（其中 4.3m³属于危险废物，交由专业处置单位外运处置）。 （4）经效果评估单位确认，扩挖修复污染土壤 1147.7m³（水泥窑工艺污染土壤 508.7m³，热脱附工艺		
--	---	---	--	--

		污染土壤 639 m ³)。		
目标污染物	(1) 中区一类地块：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a, h)蒽、石油烃 (C₁₀-C₄₀) (2) 中区二类地块：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a, h)蒽、石油烃 (C₁₀-C₄₀)	(1) 中区一类地块：砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并(a, h)蒽、石油烃 (C₁₀-C₄₀) (2) 中区二类地块：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) 中区一类地块：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) 中区二类地块：砷 (60mg/kg)、铅 (800mg/kg)、汞 (39mg/kg)、钼 (447mg/kg)	(1) 中区一类地块：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) 中区二类地块：砷 (60mg/kg)、铅 (800mg/kg)、汞 (39mg/kg)、钼 (447mg/kg)	符合	
总平面布置	第一阶段： 施工区主要建设预处理车间大棚 (2250m²)、建筑垃圾冲洗场 (冲洗区 602m²+一类堆置区 3004m²+二类堆置区 600m²)、废水处理区 (736m²)、疑似污染土壤堆场 (2730m²)、1#净土堆场 (3416m²)、2#净土堆场 (298m²)、环境管理土堆场 (198m²)、临时	第一阶段： 施工区主要建设预处理车间大棚 (2250m²)、建筑垃圾冲洗场 (冲洗区 602m²+一类堆置区 3004m²+二类堆置区 600m²)、废水处理区 (736m²+968m²)、疑似污染土壤堆场 (2730m²)、1#净土堆场 (3416m²)、2#净土堆场 (298m²)、环境管理土堆场 (198m²)、	符合	有：1 项，新增 2 座 PVC 支架水池 (回用水暂存池)

	道路、洗车池（2座）、地磅（2座） 第二阶段： 施工区主要建设预处理车间大棚（2250m²）、建筑垃圾冲洗场（冲洗区 600m²+堆置区 2030m²+堆置区 2050m²）、废水处理区（736m²+968m²）、疑似污染土壤堆场（2730m²）、1#净土堆场（3490m²）、2#净土堆场（480m²）、环境管理土堆场（960m²）、临时道路、洗车池（1座）、地磅（1座）	临时道路、洗车池（2座）、地磅（2座） 第二阶段： 施工区主要建设预处理车间大棚（2250m²）、建筑垃圾冲洗场（冲洗区 600m²+堆置区 2030m²+堆置区 2050m²）、废水处理区（736m²+968m²）、疑似污染土壤堆场（2730m²）、1#净土堆场（3490m²）、2#净土堆场（480m²）、环境管理土堆场（960m²）、临时道路、洗车池（1座）、地磅（1座）		
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 污染因子为重金属（除汞外）+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 35.3m³ 至 285.8m³。	符合	
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	

在施工过程中收到了监理单位发出的整改通知单，整改内容包括：土壤转运遗撒清理、集水井和排水沟抽排、建筑垃圾冲洗场淤泥清理、基坑水抽排、排水沟清理。在收到整改通知单后，修复单位及时进行了现场整改并上报给监理单位进行现场确认，确保施工内容顺利推进、二次污染防治有效落实。详见监理单位《监理总结报告》。

3.4.12.4. 二次污染防治措施与修复方案的一致性对比

表3.4-58 二次污染防治措施实际执行与修复方案一致性对比

序号	环境影响因素	产生环节	修复方案中主要环境管理措施	实施情况与修复方案对比
1	废气	场地平整	(1) 场地平整作业前, 作业面进行适当洒水, 减少扬尘来源; (2) 平整作业时, 控制推土机的行进速度或挖掘机的操作幅度, 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。	一致
		临建建设	(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。	一致
		基坑支护	(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。	一致
		污染土壤开挖	(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; (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; (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	一致

序号	环境影响因素	产生环节	修复方案中主要环境管理措施	实施情况与修复方案对比
			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。	
		场内运输	（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）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，并对土壤运输道路采取洒水降尘措施。	一致
		污染土壤预处理	（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）预处理产生的污染气体和扬尘经车间尾气处理系统处理达标后有组织排放，扬尘收集后根据污染土壤类型进行针对性修复。	一致
		污染土壤堆置	（1）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；（2）合理规划堆置场地的堆置顺序，尽量减少整堆次数；（3）在进行整堆作业前，可先对堆体适当洒水，减少尘土来源；（4）堆置过程中产生的扬尘，可使用雾炮进行快速有效降尘；（5）污染土壤堆置完成后，采用蓝银布覆盖，避免大风天气产生扬尘。	一致
2	废水	污染土壤开挖	（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；（2）在清挖基坑周围开挖截水沟，实现雨污分流。（3）清挖完成后，用蓝银布将整个清挖区域覆盖，实现雨污分流。	一致
		建渣冲洗	在污染建筑垃圾冲洗环节，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。	一致
		污水处理	（1）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，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。	一致

序号	环境影响因素	产生环节	修复方案中主要环境管理措施	实施情况与修复方案对比
3	固废	废活性炭	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	一致
		未使用药剂及活性炭	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。	一致
		预处理	(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。(2) 尾气处理系统产生的粉尘定期收集，最终作为重金属污染土壤进行水泥窑协同处置。	一致
		建渣冲洗	根据污染建筑垃圾类型，确定冲洗过程中沉淀污泥的污染类型，形成的沉淀污泥经简单脱水处理后，根据污染类型采用对应工艺进行修复。	一致
		污水处理	(1) 污水处理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。(2) 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进行处理。(3) 污水处理系统设备设施产生的污泥脱水预处理后进行水泥窑协同处置。	一致
		办公生活区固废	(1) 本项目设专职人员负责卫生打扫及垃圾收集，产生的生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门统一外运作进一步处置。(2) 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。	一致
4	噪声	临建建	所选挖掘机、推土机等施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。按照要求定期对挖掘机、推土机等	一致

序号	环境影响因素	产生环节	修复方案中主要环境管理措施	实施情况与修复方案对比
		设	施工机械定期进行保养，维持施工机械良好的工作状态。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。	
		基坑支护	施工基槽开挖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。尽可能安排在白天进行施工，避免夜间影响周围居民休息。	一致
		污染土壤开挖	污染土壤清挖环节噪声主要来源于挖掘机的施工噪声，针对污染土壤清挖产生的噪声，开挖机械选择应符合环保标准，定期对挖机进行保养，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。	一致
		场内运输	污染土壤装车环节噪声主要来源于挖掘机的施工噪声，针对污染土壤装车产生的噪声，机械选择应符合环保标准，且操作人员需经过环保教育，定期对挖机进行保养，维持施工机械良好的工作状态。	一致
		污染土壤预处理	（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。	一致
		建渣冲洗	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。	一致
5	土壤	基坑支护	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	一致
		污染土	（1）严格控制清挖范围；（2）不同种类的土壤分类开挖、堆置、处理；（3）污染土壤开挖后直接装车，严禁在	一致

序号	环境影响因素	产生环节	修复方案中主要环境管理措施	实施情况与修复方案对比
		壤开挖	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；（5）清挖至区域边界后，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。	
		污染土壤场内运输	（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。（3）运输司机证件由项目部备案，并接受项目部的安全教育。（4）土壤装载时禁止超载。（5）施工现场指定统一的机械行驶、车辆运输路线，严禁车辆在场区内随意行驶，防止污染土遗撒。（6）运输便道管理应有专人负责，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硬化和清洁工作，安排洒水设备进行定期洒水作业。（8）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；卸料后，应在车厢复位后方可起步。（9）非施工车辆禁止进入施工场区。	一致
		污染土壤预处理	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。	一致
		建渣冲洗	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。	一致
		污染土壤堆置	不同类型的土壤需分开堆置，避免二次污染。建筑垃圾冲洗后堆放区均采用“150mm 厚 C30 混凝土地坪”的防渗，周转性的净土堆场及环境管理土堆场采用混凝土地坪防渗，非周转性堆场则采用复合土工膜防渗方式。	一致

3.5. 地块环境监理情况

3.5.1. 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

3.5.1.1. 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。

3.5.1.2. 组织机构

环境监理的主要职能是对地方环保部门负责，在建设单位委托环境监理单位后，环境监理单位与建设单位按照环境监理的要求进行现场巡视、定期监测和检查监督工作，并进行施工影响分析、施工计划环境监理，并且检查修复单位的减缓措施的执行情况，进行环境监理报告的编写工作，定期向环境保护行政主管部门提交报告，对出现的情况及时反馈。环境保护行政主管部门根据环境监理单位提交的环境监理报告对建设单位进行环境监理，并以此作为依据通过建设单位制约修复单位。

工程环境监理单位应根据所承担的工程环境监理任务，组建工程建设项目环境监理机构。监理机构一般由工程环境总监理工程师、工程环境监理工程师和其他监理人员组成。工程环境监理机构应进驻施工现场。

实施工程环境监理前，业主应将委托的监理单位、监理的内容等有关情况，书面通知被监理单位。施工期环境监理过程中，被监理单位应当按照与业主签订的工程建设合同和落实有关环保对策措施的规定接受工程环境监理。业主不得擅自更改工程环境总监理工程师的指令。工程环境总监理工程师要公正地协调业主与被监理单位的争议。

对施工过程中出现的重大环境问题，特别是出现与工程进度有直接关系的环境事件

时，应由业主主持协调，达成一致意见后，由工程监理与工程环境监理联合签发监理指令。对其他一般性环境问题，环境监理有权直接下达监理指令。

表3.5-1 环境监理人员结构

姓名	职称	职务
叶青松	工程师	总监理工程师
曾文杰	工程师	环境监理工程师
李振港	工程师	环境监理工程师
陈日泉	工程师	造价工程师

3.5.2. 施工期环境监理要点

表3.5-2 施工期环境监理要点

修复模式	土壤异位修复		
	环境监理关键环节	修复主体工程 环境监理要点	污染物排放与环境监理要点
环境 监 理 关 键 环 节 及 要 点	土壤清挖	污染区域放样结果； 放样范围关键点保护措施； 开挖大棚搭建及密闭性； 基坑支护施工； 基坑降水过程； 分层分区开挖过程； 挖掘后基坑形状、尺寸和方量； 基坑效果评估检测流程。	产生的粉尘及其监测、控制和处理； 产生的废气和气味及其监测、控制和处理； 基坑降水及其监测、控制和处理； 产生的噪声及其监测、控制和处理； 产生的固体废物尤其是危险废物的暂存和处置。
	土壤场内短驳	监督车辆按指定路线转移； 运输车辆和运输量。	(1) 运输车辆的密闭性，严禁跑冒滴漏。
	土壤暂存	(1) 暂存场的构建过程； (2) 污染土壤的分类堆放情况；	(1) 暂存场底部防渗和表面防雨措施的落实； (2) 污染雨（渗）水的收集处理。

修复模式	土壤异位修复		
	环境监理关键环节	修复主体工程 环境监理要点	污染物排放与环境监理要点
		(3) 暂存场构建材料数量和质量。	
	土壤预处理或修复环节	(1) 土壤预处理（如筛分、破碎、拌和石灰等）过程； (2) 建筑垃圾、筛上物冲洗过程； (3) 修复药剂使用情况，包括药剂添加种类、顺序、比例和方式等； (4) 预处理车间及开挖大棚（密闭大棚）的构建； (5) 修复设备和仪器运行使用情况； (6) 修复技术工艺实施情况，包括流程、主要环节和工艺参数等。	(1) 修复区域地面、药剂储存区域防渗、防雨设施和措施； (2) 设备使用或清洗过程的交叉污染情况； (3) 产生的粉尘及其监测和控制； (4) 产生的有机污染气体和气味及其监测与控制； (5) 产生的废水及其监测与控制； (6) 产生的噪声及其监测、控制和处理； (7) 二次污染监测点位布设和现场采样过程； (8) 产生的固体废物尤其是危险废物的暂存和处置。
	土壤待检堆放	(1) 土壤待检区构建（防雨、防渗、防尘）； (2) 待检土壤的分类堆放情况。	(1) 待检期间定期大气监测。
	土壤场外运输	(1) 核实运输手续； (2) 监督车辆运输路线； (3) 运输车辆登记和运输量统计。	(1) 运输车辆的密闭性，严禁跑冒滴漏； (2) 产生的噪声及其监测、控制和处理。
	修复后土壤场	(1) 土壤修复后达标情况	(1) 土壤压实回填；

修复模式	土壤异位修复		
	环境监理关键环节	修复主体工程 环境监理要点	污染物排放与环境监理要点
	内回填	(达到一类或二类用地标准)； (2) 土壤回填位置和回填量。	(2) 产生的粉尘及其监测、控制和处理。

3.5.3. 施工准备阶段环境监理

3.5.3.1. 施工准备阶段工作总结

表3.5-3 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	施工组织设计交底	修复单位编制施工组织，并按照设计进行交底	针对施工交底情况，提出监理要点，明确监理方式
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	/	对业主和修复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	审核修复单位提供材料、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	人员、机械、材料进场	均完成相应报审报验工作，人员完成

	材料报审	报验	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

3.5.4. 第一阶段环境监理

3.5.4.1. 修复技术方案复核

经现场监理人员核实，污染土壤开挖和有机污染土壤热脱附处理处置工作于满足修复方案要求，实际施工采取施工工艺与方案一致。

3.5.4.2. 基坑支护环境监理

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复基坑支护设计方案(施工图)》编制了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复基坑支护专项施工方案》及《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复基坑支护监测方案》，相关方案于 2024 年 8 月 16 日通过了专家评审，监理单位全程参与 2 次专家评审，施工图及专项施工方案均满足技术规范要求。监理单位现场复核后，实际拉森钢板桩施工位置与描述一致。

3.5.4.3. 第一阶段土壤清挖过程环境监理

1. 现场放线复核结果

在定位放线过程中广东省工程监理有限公司监理人员对放线过程进行监督，经核查修复单位仪器稳定，测量方法与方案中测量方法一致。

2. 开挖大棚安拆监理

第一阶段有 3 处污染区域需安装开挖大棚后方可进行汞污染土壤清挖环境监理单位对开挖大棚安拆进行了见证及验收。

3. 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。

4. 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。

3.5.4.4. 第一阶段基坑扩挖修复监理

修复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修复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。

2024 年 9 月 9 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，7#基坑第 1 次扩挖污染土壤准运至中区地块预处理车间完成修复处置。本次扩挖修复污染土壤（KW01）属于 7#基坑第一层夹层净土（一类）。

2024 年 9 月 20 日~2024 年 9 月 21 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，5#基坑第 1 次扩挖污染土壤转运至中区地块预处理车间完成修复处置。本次扩挖修复污染土壤 KW02 属于 5#基坑第一层基坑底部，KW03（-1.0~-1.5m）属于 5#基坑第一层夹层净土（一类），KW03（-1.5~-2.0m）属于 5#基坑第一层夹层疑似污染土（水泥窑一类）。

2024 年 9 月 24 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，7#基坑第 2 次扩挖污染土壤转运至中区地块预处理车间完成修复处置。本次扩挖修复污染土壤 KW04 属于 5#基坑第一层基坑底部，KW05（-0~-1.0m）属于 5#基坑第一层侧壁，KW06（-0~-1.0m）属于 5#基坑第一层侧壁，KW07（-0~-1.0m）属于 5#基坑第一层侧壁。

2024 年 9 月 26 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，5#基坑第 2 次扩挖污染土壤转运至中区地块预处理车间完成修复处置。本次扩挖修复污染土壤 KW08 属于 7#基坑第一层基坑底部。

3.5.4.5. 第一阶段土壤转运环境监理

（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

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。

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撒落，抑制粉尘扩散。

3.5.4.6. 第一阶段污染土壤预处理环境监理

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 18221.1m³（含基坑扩挖修复污染第一阶段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。

根据《修复方案》的要求，在对土壤污染区域进行清挖前，将清挖范围内遗留构筑物地基等采用液压破碎锤进行了破拆并用挖机进行清理，部分大块污染建筑垃圾直接转运至建筑垃圾冲洗场。

为了加快清挖效率，采用挖掘机等工程机械对破拆后产生的污染建筑垃圾随污染土壤一并清理并装车运至预处理车间进行筛分破碎预处理。筛分破碎预处理产生的建筑垃圾暂存在预处理车间内。

冲洗干净的建筑垃圾堆放在建筑垃圾冲洗场（堆置区），覆盖蓝银布。

3.5.4.7. 第一阶段土壤堆置暂存环境监理

中区地块经效评单位确认存在 8 处区域需进行扩挖修复，结合“4.7.6 基坑扩挖”章节内容可知，KW01 属于夹层净土（第一类用地）10.5m³、KW03（-1.0~-1.5m）属于夹层净土（第一类用地）373.2m³、KW03（-1.0~-1.5m）属于夹层疑似污染土（水泥窑第一类用地）373.2m³。土方清挖出夹层净土（第一类用地）、夹层疑似污染土（热脱附第一类用地）及夹层疑似污染土（水泥窑第一类用地）分别堆置在相应堆场堆置待检。

本项目冲洗合格后建筑垃圾分为第一类用地和第二类用地建筑垃圾。对各类型污染建筑垃圾进行分别冲洗及堆置。

3.5.4.8. 第一阶段土方流转情况

本项目修复施工土方平衡如下表所示。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 20889.8m^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 18221.1m^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，经冲洗合格后建筑垃圾全部打堆堆置待检：一类冲洗后建筑垃圾堆体测量方量共计 7208m^3 （虚方），二类冲洗后建筑垃圾堆体测量方量共计 657m^3 （虚方）。土方清挖出夹层净土（一类）、夹层疑似污染土（热脱附一类）及夹层疑似污染土（水泥窑一类）分别堆置在相应堆场堆置待检：夹层净土（一类）堆体测量方量共计 4461m^3 （虚方）、夹层疑似污染土（热脱附一类）堆体测量方量共计 1838m^3 （虚方）及夹层疑似污染土（水泥窑一类）堆体测量方量共计 184m^3 （虚方）。

3.5.4.9. 第一阶段污水废水处理

本项目整个施工周期产生废水主要为基坑水、场地集水井雨污水和建筑垃圾冲洗水，废水按修复方案中“混凝沉淀+砂过滤+高级氧化+活性炭吸附（载硫活性炭）”的组合工艺，经现场处理后暂存于暂存池，监理取样检测合格后回用（用于污染建筑垃圾冲洗）。

根据《修复方案》要求，污水经污水处理设备处理后，暂存于回用水暂存池中（中区地块有 3 座回用水暂存池）， 4630m^3 处理后中水经监理单位监测合格后修复单位进行回用，主要用于污染建筑垃圾冲洗处理及喷淋抑尘。

截至 2024 年 9 月 28 日，累计处理 4910m^3 污水，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 4630m^3 ，剩余 280m^3 暂存于 1#回用水暂存池于 2024 年 9 月 30 日监测合格后回用。

3.5.4.10. 第一阶段评审合格基坑回填

2024 年 11 月 4 日，《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》经专家复核通过，修复单位立刻开展第一阶段效果评估合格基坑回填工作。

按照《修复方案》要求，修复单位对上图所示 2#基坑（1 处）、3#基坑（1 处）、5#基坑（2 处）、6#基坑（1 处）及 7#基坑（1 处）共计 6 处进行了阻隔施工。采用复核土工膜进行红线侧壁阻隔，“Z”字形铺设。

第一阶段非污染土壤及建筑垃圾不足回填至原始标高，根据《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（备案稿）》要求，未回填完 5#基坑采用第二阶段一类夹层净土回填至原始标高。

3.5.5. 第二阶段环境监理

3.5.5.1. 大棚安拆

根据《修复方案》要求，汞污染土壤清挖需在密闭开挖大棚中进行，避免开挖过程中汞挥发污染周边环境。第二阶段有 8 处污染区域需安装开挖大棚后方可进行汞污染土壤清挖。

3.5.5.2. 第二阶段基坑清挖过程环境监理

1. 清挖边界标识

据前期设置的测量基准点及污染土壤拐点坐标，在监理旁站下，采用 GPS 测量仪对污染土壤修复区域边界点进行了测量放线，开挖范围拐点及边界采用插彩旗和撒白灰进行标记和控制。

2. 土壤清挖

采用分层分区的方式进行污染土壤清挖，清挖后直接装车。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 1#、8#、9#、10#、11# 整个基坑及 12A#基坑（不含 S4）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。

3. 地坪破碎清挖

经现场见证，完成中区地块 1#、8#、10A#、11A#整个基坑及 12A#部分基坑污染区域表层地坪（污染建筑垃圾）3367.1m³清挖转运。

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。

污染建筑垃圾转运过程中，所有运输车辆均覆盖防护，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。

4. 土壤清挖量

根据对清挖坑槽测量放线结果进行计算，截至 2024 年 12 月 9 日，修复单位已严格按照《修复方案》的要求，完成中区地块所有污染土壤清挖工作。2024 年 12 月 13 日，效果评估单位（生态环境部华南环境科学研究所）对中区地块第二阶段基坑（含扩挖区域）进行清挖效果评估采样，采样结果均合格。

5. 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。

6. 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。

3.5.5.3. 第二阶段基坑扩挖过程环境监理

修复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修复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 9 批次扩挖修复区域，共计 705.3m³ 污染土壤。

2024 年 10 月 16 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，12A#基坑第 1 次扩挖污染土壤（12A#-D-9（钨超标）、12A#-C-6（砷超标））转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 10 月 28 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，12B#基坑第 1 次扩挖污染土壤（12B#-D-3（砷超标），42.3m³）转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 10 月 29 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，8#基坑第 1 次扩挖污染土壤（8#-C-11 石油烃（C₁₀-C₄₀）超标，6.0m³）转运至北区地块热脱附大棚完成修复处置（热脱附修复处置）。

2024 年 11 月 20 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，12B#基坑第 2 次扩挖污染土壤（12B#-D-6（钨超标），110.4m³）转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 11 月 21 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下

完成扩挖修复，潜在二次污染区域超标修复污染土壤（冲洗区 S5（钨超标）， 5.5m^3 ）转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 11 月 22 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，12A#基坑第 2 次扩挖污染土壤（12A#-C-19（钨超标）、12A#-C-32（铜超标）、12A#-D-25（钨超标）， 187.8m^3 ）转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 11 月 27 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，10A#基坑第 1 次扩挖污染土壤（10A#-C-13（砷超标）、10B#-C-5（砷超标）， 18.4m^3 ）转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 11 月 27 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，11A#基坑扩挖污染土壤（11A#-C-2、3、4（钨超标）， 33.9m^3 ）转运至中区地块预处理车间完成修复处置（水泥窑协同处置）。

2024 年 12 月 2 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，10A#基坑第 2 次扩挖污染土壤（10A#-D-15+10A#-D-21、10A#-C-15+10A#-C-28+10A#-C-29（汞超标）， 221.0m^3 ）转运至北区地块热脱附大棚完成修复处置（热脱附修复处置）。

2024 年 12 月 13 日，修复单位根据效评结果和对应扩挖修复范围，在监理旁站下完成扩挖修复，10A#基坑第 3 次扩挖污染土壤（10A#-C1-23（铅超标）， 5.9m^3 ）转运至北区地块热脱附大棚完成修复处置（水泥窑协同处置）。

3.5.5.4. 第二阶段污染土壤（危险废物）处置环境监理

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》，佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤中存在 5 个区域的土壤具有毒性物质含量危险特性，分别为 GF8 点位 0-1m 管控区域、GF13 点位 0-1m 管控区域、GF42 点位 2-3m 管控区域、GF25 点位 1-2m 管控区域、GF29 点位 1-3m 管控区域。

总土方量约 92.724m^3 的污染土壤不具有易燃性、反应性、急性毒性、腐蚀性、感染性、浸出毒性危险特性，具有毒性物质含量危险特性，属于危险废物。

修复单位根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》

划分的范围对各个危险废物管控区域进行定位放线，整个定位放线过程在环境监理的监督旁站下进行。

清挖过程主要采取挖掘机进行施工作业。为了确保全部危废土壤均清挖干净，施工过程实际开挖线略微大于定位放线区域，清挖过程中未发现明显异常的污染土壤。

危废区域清挖后采用 RTK 进行基坑拐点和高程的测量，经复核，清挖的深度面积和方量均大于预设值。

为防止二次污染，危废土壤清挖后直接装袋打包，装车后过磅运出场。根据危险废物鉴别报告本项目属于危险废物的污染土壤。本项目委托韶关东江环保再生资源发展有限公司进行该批危废土壤的接收处置。本项目委托珠海市粤隆运输有限公司和深圳市东江恺达运输有限公司进行该批危废土壤的运输。运输公司均具有道路危险货物运输资质。

2024 年 10 月 12 日-11 月 12 日，完成全部危废土壤的外运工作，共运输 6 车次，共计 155.29t。

2024 年 12 月 16 日，在项目部召开了“中区地块污染土壤（危险废物）基坑清挖效评评估”专家评审会，经专家评定：中区地块污染土壤（危险废物）已按鉴别报告确定范围完成清挖处置，污染土壤（危险废物）基坑清挖到位。

3.5.5.5. 第二阶段土壤转运环境监理

根据《修复方案》，将采用“水泥窑协同处置工艺”的污染土壤转运至中区地块预处理车间进行修复治理；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大棚进行预处理，在北区地块内进行热脱附修复处置，污染土壤热脱附修复处置以后经采样检测效评合格后外运水泥窑协同处置，该转运计划已在佛山市生态环境局报备。

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。

3.5.5.6. 第二阶段污染土壤预处理环境监理

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 25400.3m³（含基坑扩挖修复污染

土壤及《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤 508.6m³，剔除污染土壤（危险废物）91.1m³）共计使用预处理药剂约 1144t。

2024 年 8 月 28 日~2024 年 12 月 13 日本批次污染土壤预处理完毕。

修复单位根据《中区地块修复方案》及《北区地块修复方案》要求，对转运至北区地块热脱附大棚“采用热脱附修复处置工艺污染土壤 14230.8m³及采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 3527.8m³（剔除污染土壤（危险废物）4.3m³）”进行预处理作业。

预处理药剂投加比 1~3%，总计筛分次数为 2 次（筛分破碎斗+滚筒筛）。共计使用预处理药剂约 281.0t。筛分 301 车污染建筑垃圾（筛上物）。

3.5.5.7. 中区地块污染土壤修复处置环境监测

中区地块预处理车间内经预处理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。采用水泥窑协同处置技术修复的污染土壤理论修复工程量共计 41835.3m³，实际修复工程量共计 43621.4m³（以基坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）。

修复单位已完成《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复方案》、《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》、《佛山照明禅城总部厂区中区地块污染土壤转运计划》及《佛山照明禅城总部厂区中区地块污染土壤转运计划(变更)》先后在项目所在地生态环境主管部门（佛山市生态环境局、佛山市生态环境局禅城分局及祖庙街道办）和接收地生态环境主管部分（梅州市生态环境局、梅州市生态环境局蕉岭分局；阳江市生态环境局、阳江市生态环境局阳春分局；惠州市生态环境局、惠州市生态环境局龙门分局）备案，污染土壤具备外运条件。

截至 2025 年 1 月 9 日各水泥窑已完成污染土壤的协同处置。本项目污染土壤处置期间，各水泥厂定期对其生产的水泥或熟料产品进行检测，水泥或熟料质量需满足《通用硅酸盐水泥》（GB 175-2007）或《硅酸盐水泥熟料》（GB/T 21372-2008）的要求。

本项目污染土壤处置期间，各水泥厂定期对回转窑排气筒进行尾气排放监测，污染土壤协同处置期间回转窑排气筒排放大气污染物需满足《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》（GB 30485-2013）及《水泥工业大气污染物排放标准》（GB 4915-2013）的要求。

修复单位自 2024 年 8 月 22 日到 2024 年 12 月 30 日，累计外运至水泥厂协同处置

筛下污染土壤重量为 64220.96t，包含第一、二阶段工程量。

3.5.5.8. 中区地块污染土壤异地转运北区地块修复处置

所有中区地块转运至北区地块污染土壤经过预处理剔除污染建筑垃圾（筛上物）后，全部通过上料系统进入热脱附回转窑中进行热脱附修复处置。

为提高场地使用效率，“热脱附+水泥窑”工艺污染土壤再经环评单位评估合格后，修复单位将该部分土壤从待检场转运至北区地块水泥窑预处理大棚内堆置待外运处置。

所有“先热脱附再水泥窑协同处置”工艺污染土壤经热脱附修复后，经效果评估单位评估合格后，修复单位再将该污染土壤外运至水泥厂进行水泥窑协同处置。根据水泥厂接收磅单，该部分污染土壤共计 4982.2t。

3.5.5.9. 第二阶段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 372 车约 5208m³（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 506 车约 7084m³（虚方）。一并进行冲洗及打堆堆置。

建筑垃圾冲洗用水为自来水，冲洗废水通过水泵全部抽至现场污水处理设备进行了处理，冲洗产生的污泥由人工进行了清理，并由铲车随污染土壤一并运至预处理车间进行后续处置。

中区地块污染土壤异地转运北区地块污染建筑垃圾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 301 车约 4214m³（虚方）。一并进行冲洗及打堆堆置。

当日冲洗作业完成后，对冲洗后堆体进行测量，共计冲洗建筑垃圾 4116.09m³。

污染建筑垃圾（筛上物）冲洗废水收集抽排至污水处理系统进行处理，出水经监理采样监测合格后纳管排放。冲洗污泥及时清理后转运至热脱附预处理大棚内与“热脱附+水泥窑”工艺污染土壤或水泥窑工艺污染土壤一并处置。

冲洗后建筑垃圾（筛上物）共计堆置 4 堆。

3.5.5.10. 第二阶段土壤堆置暂存环境监理

土方清挖的出夹层净土（一类，无需环评检测）部分根据《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（备案稿）》要求直接回填至第一阶段效评合格 5#及 7#基坑，部分夹层净土（一类）、夹层净土（二类）、疑似污染土（热脱附，一类）、疑似污染土（水泥窑，一类）疑似污染土、（热脱附+水泥窑，一类）、扩挖疑似污染土（水泥窑，一类）、扩挖疑似污染土（热脱附，一类）、疑似污染土（水泥窑，二类）、环境管理土-疑似污染土（水泥窑）、环境管理土、环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）、冲洗合格建筑垃圾（筛上物）分别堆置在相应堆场堆置待检。

本项目冲洗合格后建筑垃圾分为一类和二类建筑垃圾。对各类型污染建筑垃圾进行分别冲洗及堆置，各类型污染建筑垃圾（含筛上物）冲洗工程量详见下表。

中区地块污染土壤异地转运北区地块修复处置共计产生 23 个堆体，其中热脱附修复后土壤 19 个堆体，冲洗合格建筑垃圾（筛上物）4 个堆体。

3.5.5.11. 第二阶段土方流转环境监理

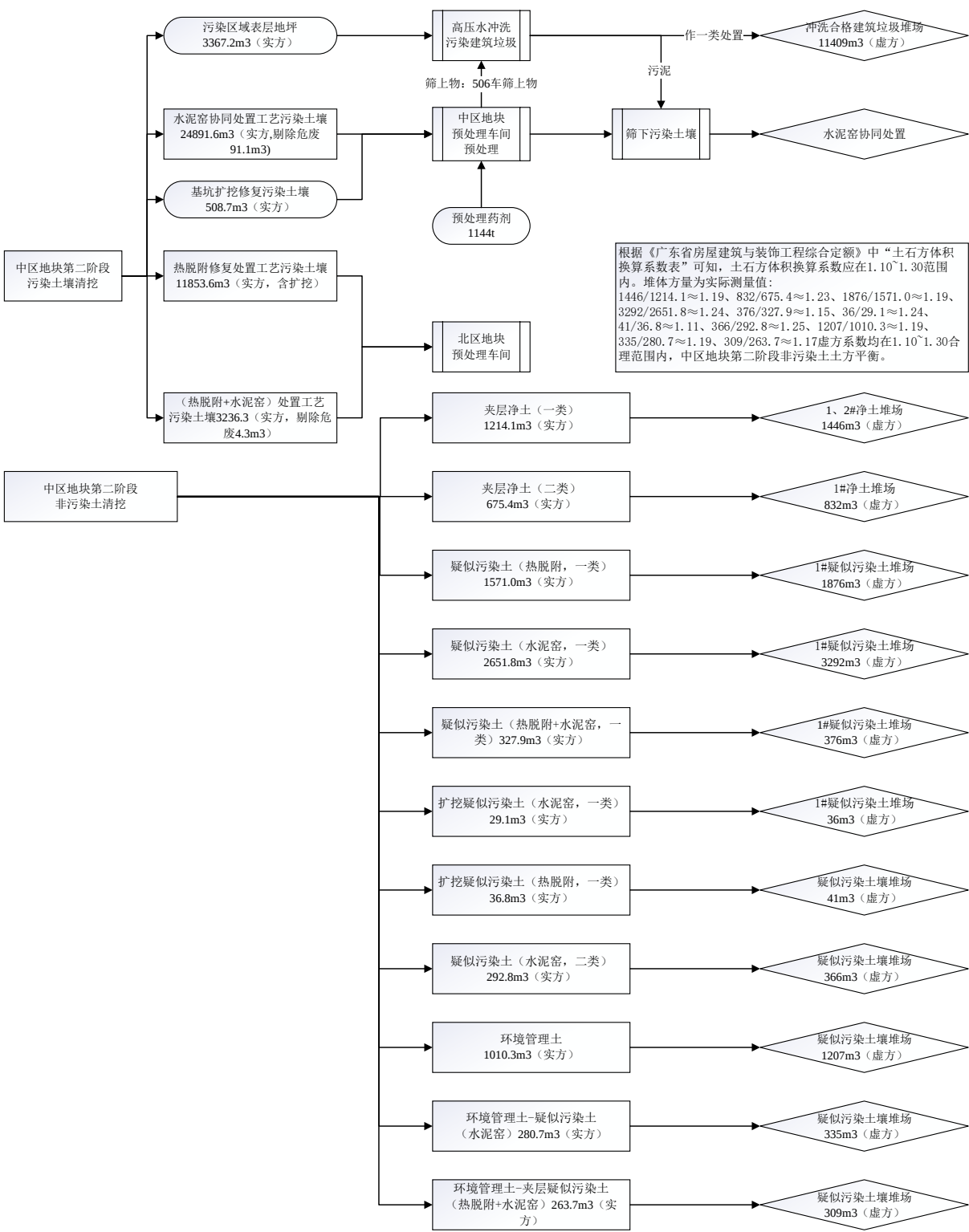


图3.5-1 第二阶段土方流转

3.5.5.12. 第二阶段污水处置环境监理

修复单位根据集水井及基坑水位情况, 无差别收集基坑内积水、场地集水井雨污水、

洗车废水和建筑垃圾冲洗水，统一抽排至调节池进行后续处理。修复单位将所有污废水均按“混凝沉淀+砂过滤+高级氧化+活性炭吸附（载硫活性炭）”工艺进行处理。

根据《修复方案》要求，污废水经污水处理设备处理后，暂存于回用水暂存池中（中区地块有 3 座回用水暂存池），6260m³ 处理后中水经监理单位监测合格后修复单位进行回用，主要用于污染建筑垃圾冲洗处理及喷淋抑尘。

2024 年 9 月 28~2024 年 12 月 17，累计处理 6260m³ 污废水，环境监理共监测 23 批次（23 水池水量），监测结果满足回用要求，回用完 23 批次中水。

3.5.6. 活性炭及污泥处置情况

污废水处置工艺会产生一定污泥，暂存与污泥池中。第一阶段暂未清理，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，在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。

截止 2024 年 11 月 16 日，累计清理并由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置混凝沉淀污泥 20.29t。根据《修复方案》要求及环境监测情况，施工过程中无需进行尾气和污水处理设备活性炭更换，从严从谨，2024 年 11 月 22 日将污水处理设备活性炭进行更换 0.97t，已经交由韶关东江环保再生资源发展有限公司依规进行处置。

目前，已完中区地块剩余混凝沉淀污泥清理并由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置。清理 2 套开挖大棚配套尾气处理设备中废活性炭，已经交由韶关东江环保再生资源发展有限公司依规进行处置。

2025 年 2 月 27 日，修复单位将中区地块场内留存预处理车间及开挖大棚配套尾气处理设备废活性炭 4.58 吨、污水处理设备废活性炭及污水处理设备混凝工段产生污泥（危废）0.5 吨清理并交由韶关东江环保再生资源发展有限公司接收处置。

3.5.7. 环境监测工作情况

3.5.7.1. 环境监测情况

监理单位委托了第三方检测机构广州华鑫检测技术有限公司、广东增源检测技术有限公司及广州竞轩环保科技有限公司对本工程进行环境监测。

- (1) 广州华鑫检测技术有限公司，负责第二次及后续环境监测；
- (2) 广东增源检测技术有限公司，负责第一次环境监测（施工前背景值监测），因商务合同和环境监测进场时间原因，仅完成第一次环境监测；
- (3) 广州竞轩环保科技有限公司，由于项目回用水监测频次较高，一家监测单位满足不了项目回用水监测需求，另委托一家监测单位进行回用水水质监测。

本项目施工期间，广东省建筑工程监理有限公司进行 8 次环境监测采样，具体情况如下：

表3.5-4 环境监测时间及修复单位工作内容

序号	监测时间	环境监测内容	修复单位工作内容	备注
1	2024/8/15 2024/8/16 2024/8/17 2024/8/18	(1) 无组织排放监测 (2) 环境空气质量监测 (3) 地下水水质监测 (4) 废水（出水）水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 场地清表 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理	施工前
2	2024/8/26 2024/8/28	无组织排放监测 (2) 环境空气质量监测 (3) 地下水水质监测 (4) 废水（出水）水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理	施工中
3	2024/9/4 2024/9/9 2024/9/14	无组织排放监测 有组织排放监测 (3) 环境空气质量监测 (4) 废水（出水）水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理	施工中

序号	监测时间	环境监测内容	修复单位工作内容	备注
4	2024/9/23	无组织排放监测 有组织排放监测 (3) 环境空气质量监测 (4) 废水(出水)水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理	施工中
5	2024/10/8	无组织排放监测 有组织排放监测 (3) 环境空气质量监测 (4) 废水(出水)水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理 (4) 北区地块热脱附修复施工(1#)	施工中
6	2024/10/23	无组织排放监测 有组织排放监测 (3) 环境空气质量监测 (4) 废水(出水)水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理 (4) 北区地块热脱附修复施工(1#)	施工中
7	2024/11/6	无组织排放监测 有组织排放监测 (3) 环境空气质量监测 (4) 废水(出水)水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理 (4) 北区地块热脱附修复施工(1#)	施工中
8	2024/11/21	无组织排放监测 有组织排放监测 (3) 环境空气质量监测 (4) 废水(出水)水质监测 (5) 噪声环境监测	(1) 污染土壤清挖转运预处理及外运 (2) 污染建筑垃圾冲洗 (3) 污废水处理 (4) 北区地块热脱附修复	施工中

序号	监测时间	环境监测内容	修复单位工作内容	备注
			施工（1#及 2#）	
9	2024/12/10 2024/12/13	无组织排放监测 有组织排放监测（北区） （3）环境空气质量监测 （4）废水（出水）水质监测 （5）噪声环境监测	中区地块内无施工活动 北区地块热脱附修复施工 （1#及 2#）	施工后
10	2025/2/14	废水（出水）水质监测	中区地块内无施工活动	施工后

3.5.8. 环境问题及处理情况

在项目修复实施过程中，针对环境监理发现的环境及相关问题，环境监理单位采用发出《整改通知单》的方式要求修复单位重视并按要求整改。修复实施期间，环境监理单位共发出 20 份与环境问题整改通知单，均进行了处理。

3.5.9. 修复工程环境影响分析

3.5.9.1. 土壤污染环境影响分析

(1) 土壤污染来源

- 1) 污染土壤挖掘过程中，污染土壤清挖不彻底，或污染土壤堆放在未污染土壤上，会造成土壤二次污染；
- 2) 污染土壤运输过程中，污染土壤可能会撒落在清挖区域外的其他地方；
- 3) 污染土堆放及污染土壤修复可能因降雨、渗滤液等因素向下层及周边未污染土壤中扩散；
- 4) 车辆和施工机械进出污染区所携带的污染土壤也会产生二次污染问题。

(2) 土壤污染防治措施

1) 污染土壤清挖环节：清挖过程中限制清挖机械的活动范围，防止挖机将污染土壤带离污染区域；污染土壤开挖后直接装车，避免污染土壤与未污染土壤混合；清挖至区域边界后，派专人对开挖区域基坑坑底及坑壁进行清扫，将散落的污染土壤收集后运至预处理车间暂存，避免污染土壤遗留在基坑中。

汞污染土壤需在密闭开挖大棚中进行清挖，搭配配套尾气处理设备，活性炭吸附箱中填充载硫活性炭。

2) 污染土短驳运输环节：污染土壤运输车辆与其他类型运输车辆区分标识使用；施工机械和车辆严格走指定的行驶和运输路线，车辆装载时禁止超载，车辆相关资质符合项目部备案，平稳行驶，速度不超过 15km/h，污染土壤装载后做好毡盖；并设专人管理运输便道，及时填充压实道路凹陷，及时组织人员清理散落土壤，对便道洒水除尘。

3) 疑似污染土壤堆置环节：堆场采用复合土工膜防渗，用防雨膜覆盖待检土壤，四周设置排水沟和围堰。

4) 污染土壤修复环节：污染土壤修复作业在密闭的大棚进行，地面采用防渗混凝土硬化防渗，四周设置挡水围堰。

5) 污染土壤外运环节：污染土壤外运时车辆做好毡盖，离场前对车辆进行冲洗避免将车辆黏附污染土壤带出场外。

(3) 环境影响分析

项目污染土壤经过开挖、转运、筛分预处理、外运处置等处理过程中，均采取相应的防治措施，不对周边环境影造成明显影响。

3.5.9.2. 大气污染环境影响分析

(1) 废气污染来源

本项目地块内污染物中包含汞（易挥发性：在常温下汞容易挥发成气态），污染土壤修复治理过程可能影响大气环境的物质分别是：1）可能产生的扬尘；2）可能产生的含汞废气；3）施工机械产生的废气。

粉尘产生过程包括：污染土壤的清挖、暂存、修复过程，污染土壤场内运输及外运过程。

含汞废气产生过程包括：汞污染土壤修复过程。

施工机械废气产生过程为现场施工机械设备运行。

(2) 废气污染防治措施

1) 污染土壤清挖环节：修复单位将现场清挖的污染土壤直接装车，并采取洒水作业或喷雾设备降低和控制扬尘；在大风天气停止土方开挖，并对裸露污染土壤进行毡盖；

汞污染土壤需在密闭开挖大棚中进行清挖，搭配配套尾气处理设备，活性炭吸附箱中填充载硫活性炭。

2) 污染土壤运输环节：所有车辆均覆盖防护，车厢四周完全密封，车速控制在15km/h 内；运输道路进行硬底化，每天安排除尘喷雾设备定期洒水降尘，并安排专人不定期洒水，清扫道路；

3) 疑似污染土壤堆置环节：卸料过程中减缓速度和降低落差，减少人为污染扩散；对堆场采用防雨布进行全地块覆盖，仅在车辆装卸时打开防雨布，避免扬尘产生；在整堆作业前先对堆体适当洒水，整堆过程若出现扬尘时，使用雾炮进行快速有效降尘；

4) 污染土壤外运环节：污染土壤运输车辆按指定的运输路线行驶；运输车辆将污染土壤运至处置单位并进入指定仓库卸车后，解除遮盖措施；

(3) 环境影响分析

根据大气监测报告，大气监测的结果均符合相对应的标准。即项目经过洒水降尘、场地覆盖覆膜、大风天气停止土方开挖、汞污染土壤密闭开挖大棚内清挖等污染防治措施后，不对周边环境大气造成明显的影响。

3.5.9.3. 水体污染环境影响分析

（1）水污染来源

本地块的施工废水来源主要为：车辆冲洗过程中产生冲洗废水、土壤开挖产生的基坑抽排水、筛上物冲洗废水。修复过程可能产生的环境应包括以下几方面：

- 1）未经处理的施工废水流入地表水产生污染；
- 2）基坑废水抽排处理不及时可能渗入地下水造成影响。

（2）水污染防治措施

1）修复实施过程中采取防水膜遮盖、修复车间围闭、混凝土地坪防渗、截水沟和排水沟分流导排等措施，进行雨污分流。

2）建设一个废水处理站，对基坑开挖产生的降排水、冲洗废水统一收集抽往废水处理站处理，处理合格后统一回用；现场工作人员在项目现场使用生活用水，产生的生活污水按原排污管网纳管排放。

（3）环境影响分析

根据废水监测报告结果，本阶段施工期间废水均按照修复方案进行收集，不会对周边环境造成明显影响。

3.5.9.4. 噪声污染环境影响分析

（1）噪声来源

修复施工过程中机械设备和施工人员的活动可能会产生对声环境的影响，主要包括：机械噪声、车辆噪声和人为噪声。

（2）噪声防治措施

1）在污染土壤清挖环节，所选的挖掘机等施工机械符合环保标准，操作人员经过环保教育，定期对施工机械进行保养；施工过程中各类材料搬运及安装过程中轻拿轻放，减少噪声的产生。

2) 在污染土壤运输环节, 运输车辆符合环保标准, 司机经过环保教育; 场内短驳运输车辆车速控制在 15km/h 内, 禁止鸣笛。

3) 施工现场遵守《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-2011) 规定的降噪限值, 即昼间(6:00 至 22:00 之间的时段)场界环境噪声不得超过 70dB(A), 夜间(22:00 至 6:00 之间的时段)场界环境噪声不得超过 55dB(A), 夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB(A)。

(3) 环境影响分析

根据噪声检测报告中厂界噪声监测结果: 昼间噪声为 57~68dB、夜间噪声 49-54dB, 符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。即项目噪声经过场内禁止鸣笛、材料搬运轻拿轻放等污染防治措施后, 不会对周边环境产生明显的影响。

3.5.10. 环境监理总结

3.5.10.1. 环境监理结论

在整个修复过程中, 修复单位严格遵循修复方案中的拐点范围和深度标准, 修复单位完成了基坑土方的清挖作业后及时上报环境监理单位进行验收。经过现场审核与效果评估单位的采样评估, 确认基坑清挖达到了预期标准, 确认修复效果符合既定目标。

针对本项目, 参照相关技术规范进行了审核, 并得出以下结论:

1. 修复实施过程中, 修复单位运用的修复技术与实际场地总平面布置分区均与《修复方案》基本一致, 且修复区基坑清挖拐点坐标与《修复方案》及《风险评估报告》相吻合。

2. 监理单位对开挖的土壤污染开挖区域进行复核定位, 效果评估单位进行采样验收。效果评估结果表明, 污染区域的清挖修复工作到位, 基坑验收结果均低于修复目标值, 达到了预期的修复效果。

3. 清挖土壤修复工艺参数与修复方案保持一致, 最终修复的土壤质量满足地块修复目标值, 达到了预定的修复效果。

4. 中区地块需送往水泥窑及先热脱附再水泥窑工艺处理的污染土壤已全部安全外运至广东塔牌集团股份有限公司蕉岭分公司、阳春海螺水泥有限责任公司及惠州市光大

水泥企业有限公司三家水泥厂，三家水泥厂已完成合规处置。

5.根据第三方环境检测机构的检测结果，修复单位在修复实施过程中切实有效地落实二次污染防治措施，未引发任何二次污染问题。同时，修复单位在施工期间也全面落实了风险防范措施，未对环境造成二次污染。项目未收到任何环境影响投诉，未发生环境风险事故。

6. 由于中区地块空间较小，无法摆放热脱附处理设备，因此在修复方案中将热脱附修复设备放置于北区地块。在修复实施过程中，异位热脱附处理设施设置于本地块主导风向上风向，可能对本地块的大气环境产生影响。监理单位对热脱附修复设备的排气口进行周期性监测，检测结果表明热脱附修复设备的运作对本地块影响较小。

综上所述，修复单位严格按照《修复方案》的要求对地块污染土壤进行了清挖与修复，并在修复实施期间全面落实了废水处理设施和各项二次污染防治措施。其对周围环境造成的不良影响在可接受范围内，该项目已满足本阶段的修复效果评估要求。

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。对收集的资料进行整理和分析，并通过与土地使用权人、修复实施人员、环境监理人员等进行访谈，通过以下 5 方面审核确定污染土壤修复工程实施基本满足相关文件与修复效果评估的前提要求。

（1）地块目标污染物、修复范围、修复目标和修复技术

经审核，修复工程确定的修复范围、管控范围、修复和管控目标、修复技术等与《风险评估报告》《修复方案》和相关行政文件等基本相符合，可作修复效果评估依据。

（2）环保措施落实情况

项目组通过对修复过程施工记录、污水处理记录、监理记录和监测数据等的审核，确定施工方案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相关的《修复方案》、《环境监理方案》及备案文件的要求。

（3）污染土壤修复情况

①根据施工记录、监理记录与检测数据，第一阶段主要完成的工作有：

完成 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#及 12A#基坑范围内污染区域表层地坪破碎清挖 2163.8m^3 ，全部转运至污染建筑垃圾冲洗场进行冲洗处理。

完成中区地块 2#、3#、4#、5#、6A#、6B#、7#整个基坑及 12A#部分基坑污染土壤清挖（含建筑垃圾） 20889.8m^3 （设计方量 19897m^3 ）；

污染土壤总清挖量 20889.8m^3 ，包括上述基坑污染土壤 20219.3m^3 和扩挖污染土壤 670.5m^3 。 20219.3m^3 污染土壤中采用水泥窑协同处置工艺污染土壤土方量 17550.6m^3 ，转运至北区地块预处理车间的需热脱附污染土壤 2377.2m^3 ，转运至北区地块预处理车间采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤 291.5m^3 。

②根据施工记录、监理记录与检测数据，第二阶段主要完成的工作有：

修复单位已完成中区地块 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12#基坑（不含 S4）污染土壤共计清挖污染土壤 40585.6m³（含基坑扩挖修复污染土壤 705.3m³、根据《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤 66.2m³及从严修复污染土壤 376.2m³，污染土壤（危险废物）95.4m³）清挖。

夹层净土（一类）堆体测量方量共计 1446m³（虚方）、夹层净土（二类）堆体测量方量共计 832m³（虚方）、疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 1876m³（虚方）、疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 3292m³（虚方）、疑似污染土（热脱附+水泥窑，一类）堆体测量方量共计 4461m³（虚方）、扩挖疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 41m³（虚方）、扩挖疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 34m³（虚方）、疑似污染土（水泥窑，二类）堆体测量方量共计 366m³（虚方）。

环境管理土-疑似污染土（水泥窑）堆体测量方量共计 335m³（虚方）、环境管理土堆体测量方量共计 1207m³（虚方）、环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）堆体测量方量共计 309m³（虚方）。

冲洗合格建筑垃圾（筛上物）堆体测量方量共计 11409m³（虚方）。

修复单位已完成中区地块第二阶段 1#、8#、9#、10#、11#整个基坑及 12A#基坑重金属（除汞外）污染土壤 25400.3m³（含基坑扩挖修复污染土壤及《修复方案》开挖方式扩挖污染土壤 508.7m³，剔除污染土壤（危险废物）91.1m³）预处理筛下污染土壤已全部外运至水泥厂进行水泥窑协同处置。

中区地块第一阶段及第二阶段共计 43621.4m³污染土壤（以基坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）预处理筛下污染土壤全部外运至水泥厂进行水泥窑协同处置，目前 3 家水泥厂已经完成全部污染土壤接收处置。

中区地块转运至北区地块预处理车间采用热脱附修复处置的污染土壤 14230.8m³，中区地块转运至北区地块预处理车间采用“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺的污染土壤 3527.7m³。所有转运异地修复污染土壤均已经完成修复处置，“先热脱附修复再水泥窑协同”处置工艺污染土壤经效评单位评估合格后已全部外运至水泥厂进行最终处置，目前水泥厂已经完成该污染土壤接收处置。

（4）评估文件与资料情况

经文件审核，地块《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。

(5) 施工变更情况

对《修复方案》与施工记录、监理记录等工程资料的审核，修复过程有施工变更情况，包括现场平面布置变更以及工程量变更，相关施工变更时，修复单位及时提交相应变更方案，经过监理单位、土地使用权人同意后，及时完成了相关工程变更手续。

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。

现场踏勘结果表明：

(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

4.3.1. 概念模型相关信息

4.3.1.1. 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。

4.3.1.2. 地块污染物分布情况

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。

本地块土壤目标污染物包括砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、苯并[a]芘、二苯并（a,h）蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀）。

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。

修复方案中本项目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。

4.3.2. 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。

地块未来规划主要属于第一类用地，部分属于第二类用地。按第一类用地情景考虑，在该用地情景下敏感人群主要是地块的住户、工作人员等，此外还有场地上建设项目的工人，敏感受体为儿童和成人。地块修复工程完工后，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，评估范围内的土壤污染物已得到有效去除或降低，达到了预定目标。环境管理土不涉及土壤修复，清挖出的环境管理土，根据修复方案回填至第二类用地基坑内；环境管理土-疑似污染土作为疑似污染土进行效果评估检测合格后作为第一类用地土壤进行回填；环境管理土-夹层净土按照第二类用地土壤进行处置。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。修复后土壤对人体健康产生的风险可接受，可以满足风险评估中风险控制性的使用功能。

第5章 效果评估总体介绍

5.1. 分阶段效果评估情况介绍

5.1.1. 对象及时间节点

经核算，地块红线内可建设堆场区域（非土方开挖区）不能满足一次性土、石方堆置待检需要，需进行分阶段（第一阶段和第二阶段）土方开挖，以满足现场土方堆置流转需要。本项目采取“分阶段效果评估”的方式缓解施工布局受限问题。各阶段效果评估对象及时间节点详见下表。

表5.1-1 分阶段效果评估对象及时间节点

阶段	效果评估对象	效果评估时间节点
第一阶段	2#-7#基坑的开挖效果；开挖 2#-7#基坑和 12A#-1 面层污染土壤产生的开挖疑似污染土/夹层疑似污染土、冲洗后的建筑垃圾及筛上物	2024 年 9-10 月
第二阶段	1#、8~12#基坑开挖效果及开挖产生的开挖疑似污染土/夹层疑似污染土，热脱附修复后土壤，冲洗后建筑垃圾及第二阶段潜在二次污染区域、水泥窑协同处置效果评估、危险废物清理	2024 年 9 月-12 月

总体评估内容以及各阶段评估内容详见下图。



图5.1-1 各阶段效果评估内容一览表

5.2. 采样检测效果评估对象布点采样原则

5.2.1. 基坑与侧壁效果评估原则

5.2.1.1. 基坑侧壁布点采样

本项目根据《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）、《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）》要求，根据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 40m，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。

侧壁采样参照《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。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。

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，或侧壁与红线重叠，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，直接进行风险管控，由修复单位采用复合土工膜进行阻隔。

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。

5.2.1.2. 基坑底部布点采样

本项目根据《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，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。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）》，采样单元原则上网格大小不超过 40m×40m。

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），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。

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。

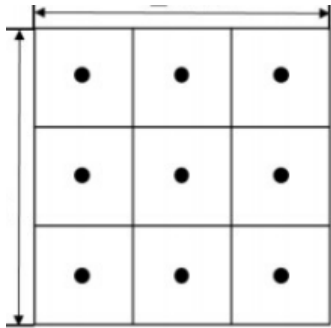


图5.2-1 基坑布点示意图

表5.2-1 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量

采样区域面积（m ² ）	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

5.2.1.3. 坑底侧壁超标扩挖情景

某点位中有一种或多种目标污染物的检测值高于评估标准时，则判定该点位为不合格点位。对于基坑侧壁不合格点位代表的区段，需向外扩挖 0.5m，扩挖土根据其超标类型进行修复，扩挖后再次对新形成的侧壁进行效果评估采样检测，检测目标污染物为扩挖前的不合格污染物，若合格则扩挖完成，若不合格则继续扩挖直至合格为止；对于基坑底部超标点位代表的区域，需向下清挖 0.5m，清挖土壤根据其超标类型进行修复，向下清挖后再次对新形成的坑底进行效果评估采样检测，检测目标污染物为扩挖前的不合格污染物，若合格则扩挖完成，若不合格则继续扩挖直至合格为止。

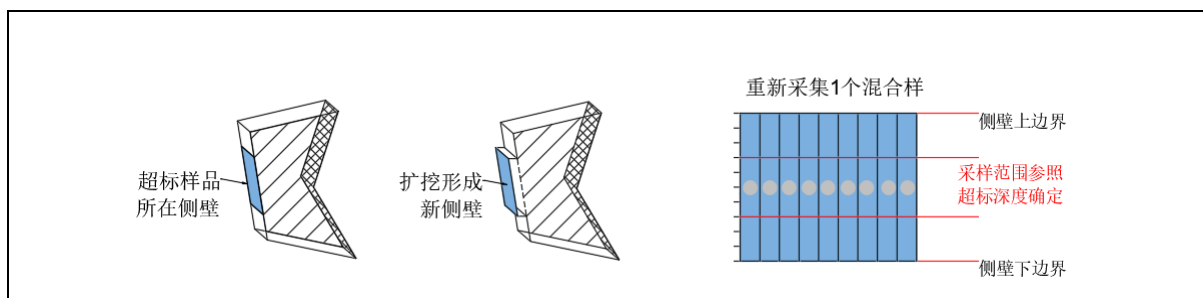


图5.2-2 侧壁超标扩挖布点原则示意图

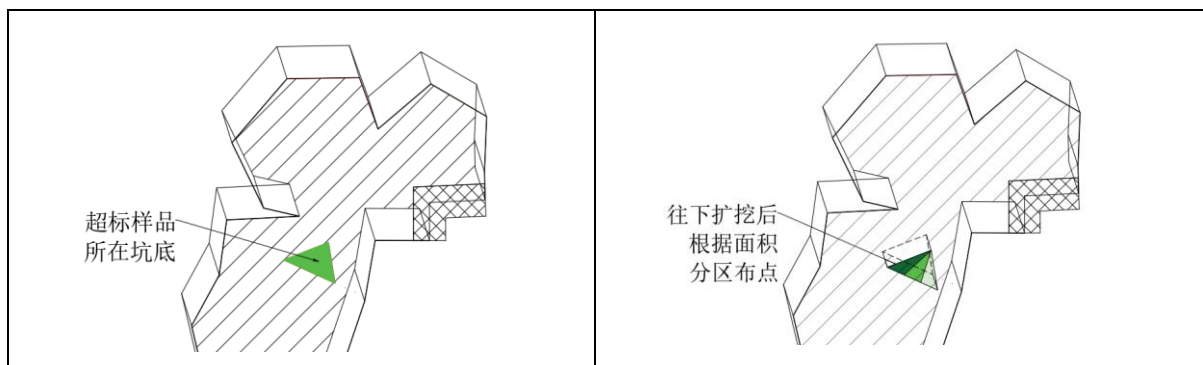


图5.2-3 侧壁坑底超标扩挖布点原则示意图

5.2.2. 疑似污染土布点采样

本项目采样原则参照《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），根据不同类型疑似污染土按体积划分采样单元，每个采样单元不大于 500m³，采集样品时，可在土壤堆体表层、中层和底层各采集 1 个土壤样品。现场可同步使用 XRF 等快筛设备辅助筛选出浓度较高点进行采样。

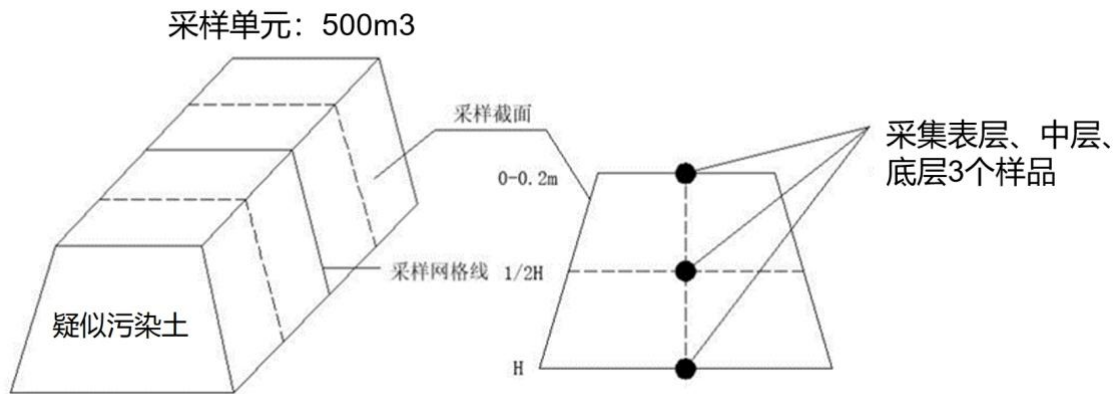


图5.2-4 疑似污染土采样原则

5.2.3. 建渣与筛上物布点采样

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。

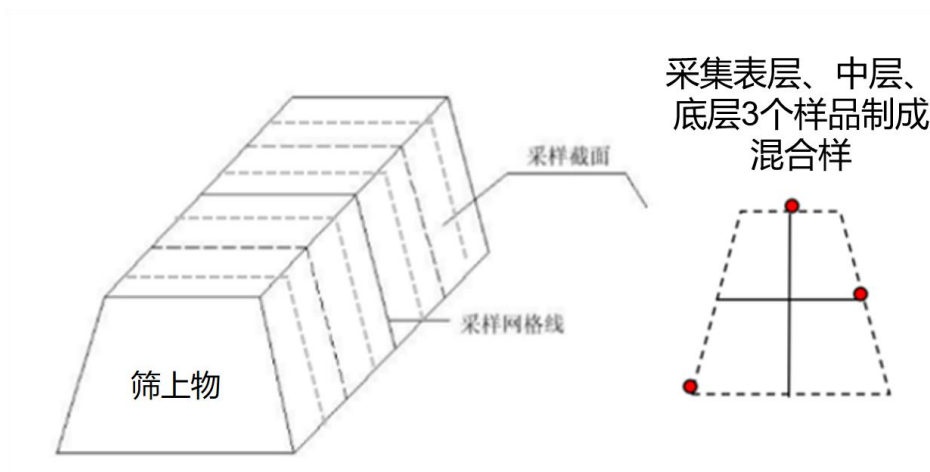


图5.2-5 建渣堆体监测布点示意图

5.2.4. 热脱附后修复土布点采样

本项目参照《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）》，对原地异位修复处理后的土壤、筛上物等的采样布点参照 HJ25.5

执行。每个采样单元（每个样品代表的土方量）不应超过 500m³。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），重金属和半挥发性样品采集时，修复后土壤以堆土形式存在，根据土壤的堆放形状建立三维网格布设检测点位。采集混合样时，应以保证样品代表性为原则，充分反映堆体各个区域可能的污染物情况。可在土壤堆体表层、中层和底层分别采集土壤样品制成 1 个混合样。当土壤堆体高度较高时，宜根据堆体高度对土壤堆体进行分层后再采集混合样。

5.2.5. 二次污染区布点采样

采样原则参照《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）》与《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），基坑坑底采样原则一致，每个采样单元的面积不超过 1600m²，最小采样数量不低于 HJ 25.5 中表 1 对坑底采样数量的规定。每个采样单元由 9 个土壤样品制成 1 个混合样。采样示意图如下所示。采样点位布设及采样点数量应符合 HJ 25.5 的要求，依据修复工程的实际情况，结合修复设施设置、潜在二次污染来源等资料确定采样位置与深度，潜在二次污染区域以采集去除杂质后的表层(0-20cm)土壤样品为主，不排除深层采样，具体视实际情况而定。

地面已做硬底化或防渗处理的区域，应在每个采样单元采集不少于 1 个去除硬化层后的表层（0~20）cm 土壤样品，采样点应位于有明显污染痕迹、裂缝或凹陷、采样单元中央。无硬底化或防渗地面、运输道路、车辆临时道路等区域，应在每个采样单元采集 9 个表层（0~20）cm 土壤样品制成混合样。

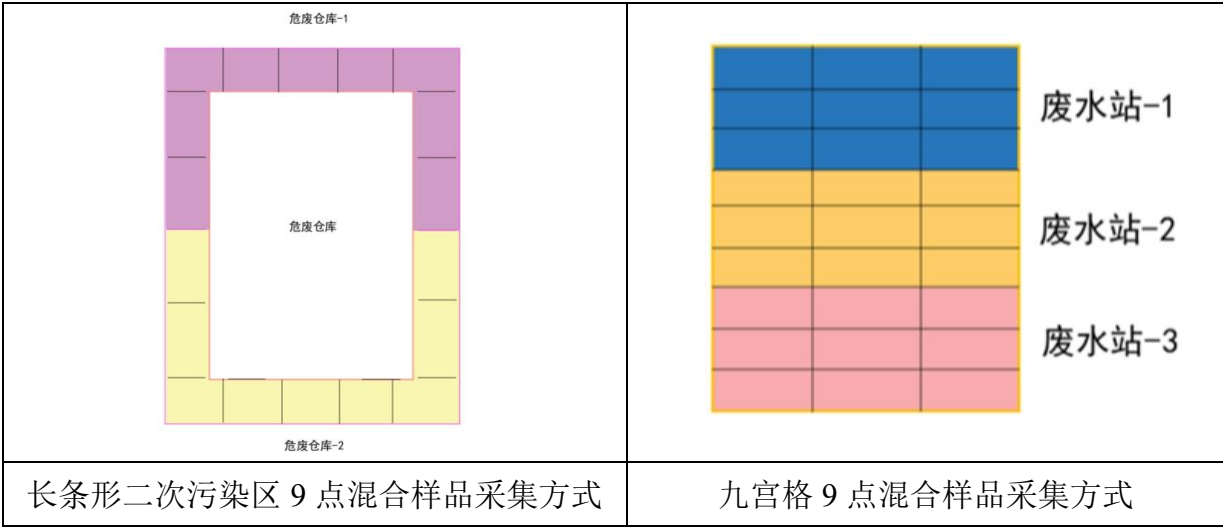


图5.2-6 二次污染区采样示意图

第6章 第一阶段效果评估

6.1. 第一阶段效果评估方案

6.1.1. 评估内容

第一阶段修复工程进行 7 个基坑进行清挖，本阶段效果评估范围包括：①2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑、6A#基坑、6B#基和 7#基坑的清挖效果；②清挖 2#-7#基坑和 12A#-1 面层污染土壤产生的扩挖疑似污染土/夹层疑似污染土；③清挖 2#-7#基坑和 12A#-1 面层污染土壤产生的建筑垃圾及筛上物冲洗后的堆体。具体如下：

（1）修复面：第一阶段修复工程实施完成后，共形成了 7 个基坑，分别为 2#基坑（1 个面层）、3#基坑（1 个面层）、4#基坑（1 个面层）、5#基坑（6 个面层）、6A#基坑（1 个面层）、6B#基坑（1 个面层）和 7#基坑（5 个面层），共计 16 个基坑面层。第一阶段效果评估将对这 16 个基坑面层进行基坑清挖后采样检测和效果评估。

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。

（2）堆体：第一阶段修复共产生 4 个堆体，2 个建筑垃圾及筛上物堆体、2 个疑似污染土堆体。第一阶段效果评估将对这 4 个堆体进行采样检测和效果评估。

（3）第一阶段效果评估不涉及二次污染区效果评估或危险废物评估。

根据施工总结报告“4.1.1.1 外运土壤危险废物属性鉴别”及“2.9.1 危险废物处置工程量”可知，属于危险废物的污染土壤均在第二阶段施工范围；且尾气处理设备及污水处理设备中活性炭过程中均无需更换，无危险废物产生；污水处理环节产生少量污泥，暂存于污水处理系统污泥池中，清理交由第三方危废处置单位进行处置。

因此，第一阶段施工内容不涉及危险废物处置。

修复效果验收是在污染地块修复过程中针对各项修复工艺的实施效果所开展的相关检测，主要是为了考察各项修复工艺的实施效果。修复效果监测分别包括以下内容：

1) 对清挖完成的基坑进行验收监测

2#-7#基坑开挖区域按照《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》

（HJ25.5-2018）的要求采集侧壁和坑底土壤样品，监测污染土壤是否清挖到位。如果侧壁或者坑底局部仍有污染存在，当进一步清挖，直至检测合格为止。

2) 对筛分后建筑垃圾及筛上物验收监测

第一阶段清挖并经筛分和冲洗后的筛上物转运至筛上物暂存区，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）对异位修复土壤采样要求进行设置采样单元。检测合格认为验收通过，检测不合格的返回冲洗区进行再次冲洗处理。

3) 对清挖产生的疑似污染土验收监测

第一阶段清挖产生的疑似污染土运至 1#疑似污染土堆场堆置待检，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）对异位修复土壤采样要求进行设置采样单元。检测合格认为验收通过，检测不合格的按照其污染类型进行相应修复处理。

6.1.2. 第一阶段基坑和侧壁效果评估

6.1.2.1. 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。

根据《修复方案》并结合场地实际基坑清挖效果评估结果，针对污染边界、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（包括 2#基坑、3#基坑、5#基坑、6A#基坑的部分侧壁），在基坑回填前采用复合土工膜进行阻隔。针对本项目施工过程中污染边界和垂直支护两者重合的侧壁，按照正常侧壁进行效果评估，在钢板桩所在区域进行采样检测，具体位于 5#-5 基坑面层（即下图 5#基坑支护区域）。

6.1.2.2. 采样情景

根据现场的开挖顺序和施工排序，基坑和侧壁效果评估采样情景分为三种：

（1）分层清挖分层验收

第一类：根据开挖排期，清挖一层后不再进行下层清挖，则按要求分层清挖分层验收；

第二类：基坑下层存在无污染土，必须对该层基坑进行过程坑底和侧壁的检测；

第三类：坑底上下层为不同处置类型污染土，开挖上层污染土时必须对该层基坑进行过程坑底和侧壁的检测，再进行下层污染土开挖。

（2）成坑验收

对于上下污染层范围重叠的区域，且满足上下层污染物处置方式一致时，可不进行阶段基坑坑底验收，在成终坑后干净土回填前进行坑底和侧壁检测。

（3）侧壁不验收情景

部分区域污染土不进行过程分层验收检测，但考虑扩挖修复：对于污染区域边界外放坡土或外扩 1m 范围内的土壤直接作为污染土壤进行修复处理，再进一步外扩 1m，相应开挖土壤作为“扩挖疑似污染土”，按修复工艺分类（扩挖疑似污染土类型同时考虑其侧壁、上层、下层紧邻污染土壤类型，按最不利情况确定分类）堆置待检。该类型基坑按成坑的基坑底部和侧壁验收，外扩后的侧壁由于跟原侧壁之间的土已经按“扩挖污染土”和“扩挖疑似污染土”处置或分类堆放检测，无需进行侧壁验收。

（4）本项目 S25 和 S20 清挖后形成一个基坑一并验收，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）。

6.1.2.3. 第一阶段基坑及侧壁效果评估布点方案

根据修复方案，本地块分两个阶段进行效果评估，第一阶段开挖范围为 2#基坑、3#基坑、4#基坑、5#基坑、6A#基坑、6B#基坑、7#基坑和 0-1m 的 12A#基坑，其中 12A#基坑只完成 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。本阶段共 7 个基坑（2#-7#）需要进行坑底和侧壁的验收，共 16 个面层；第二阶段对剩余基坑面层进行效果评估。修复面层信息如下表所示。

在实际施工过程中，会出现侧壁实测长度比风评中基坑侧壁长度短的情形：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，根据修复单位修复计划，该类型侧壁直接进行风险管控，由修复单位采用复合土工膜进行阻隔，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。

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，直接进行风险管控，由修复单位采用复合土工膜进行阻隔。

在实际施工过程中，若上层基坑面层的污染物与投影区域下层基坑面层相同，或下层基坑面层污染物包括了上层基坑面层污染物，此种情况下上层基坑面层坑底可不进行验收，垂直开挖至投影区域下层。因此，在扣除不验收部分后，需要验收的基坑剩余面积可能比风评中基坑面积小。

修复效果评估布点方案中的“成坑面积”为清挖后的基坑面积减去与下层重叠部分后需要进行采样检测的面积。

修复效果评估布点方案中的“实测长度”有三种情况：1.为侧壁长度减去相邻基坑已测侧壁长度；2.部分侧壁实际为一二类用地交界，实际属于同一个风评污染分区，交界线两侧污染类型相同，因此实测长度为侧壁长度减去交界线长度；3. 基坑侧壁位于污染边界和地块红线重合处，由修复单位在基坑回填前采用复合土工膜进行阻隔，不进行采样，实测长度为侧壁长度减去阻隔处长度。

表6.1-1 修复面层信息汇总

基坑 面层 编号	风评方 案分区 编号	深度	基坑 面积 (m ²)	成坑 面积 (m ²)	侧壁 长度 (m)	实测 长度 (m)	风险评估中的污 染指标	用地类型
2#	S38	1-2m	306.8	306.8	70.32	59.4	汞	第一类用地
3#	S53	2-3m	227.23	227.23	62.26	20.99	砷	第一类用地
4#	S6	0-1m	192.72	192.72	55.55	55.55	铅	第一类用地
5#-1	S10	0-1m	6272.1	157.5	425.4	396.4	钨	第一类用地
				1556.2			铅、钨、砷	第一类用地
				156.7			铅、钨	第一类用地
				692.0			砷、铅	第一类用地
5#-2	S35	1-2m	2985.8	2262.1	268.9	251.7	砷、铅、钨	第一类用地
5#-3	S36	1-2m	726.1	726.1	108.3	108.3	钨	第一类用地

5#-4	S37	1-2m	1757.3	1392.6	167.1	167.1	砷、钨	第一类用地
5#-5	S49	2-3m	723.7	723.7	104.6	92.8	钨	第一类用地
5#-6	S52	2-3m	737.8	737.8	102.6	102.6	钨	第一类用地
6A#	S17	0-1m	947.3	947.3	124.75	79.3	汞	第二类用地
6B#	S7	0-1m	973.8	973.8	121	121	砷	第二类用地
7#-1	S25	0-1m	250.5	250.5	103.4	103.4	砷、铅、汞	第一类用地
	S20	0-1m	426.0	——			汞	第一类用地
7#-2	S11	0-1m	368.0	368.0	92.4	59.1	砷、铅	第一类用地
7#-3	S12	0-1m	463.1	463.1	98.2	69.2	砷	第一类用地
7#-4	S41	1-2m	676.5	676.5	103.4	103.4	汞	第一类用地
7#-5	S51	2-3m	1122.0	1122.0	158.9	158.9	砷、铅	第一类用地

6.1.2.4. 坑底侧壁检测超标扩挖情景

某点位中有一种或多种目标污染物的检测值高于评估标准时，则判定该点位为不合格点位。对于基坑侧壁不合格点位代表的区段，需向外扩挖 0.5m，扩挖土根据其超标类型进行修复，扩挖后再次对新形成的侧壁进行效果评估采样检测，检测目标污染物为扩挖前的不合格污染物，若合格则扩挖完成，若不合格则继续扩挖直至合格为止；对于基坑底部超标点位代表的区域，需向下清挖 0.5m，清挖土壤根据其超标类型进行修复，向下清挖后再次对新形成的坑底进行效果评估采样检测，检测目标污染物为扩挖前的不合格污染物，若合格则扩挖完成，若不合格则继续扩挖直至合格为止。

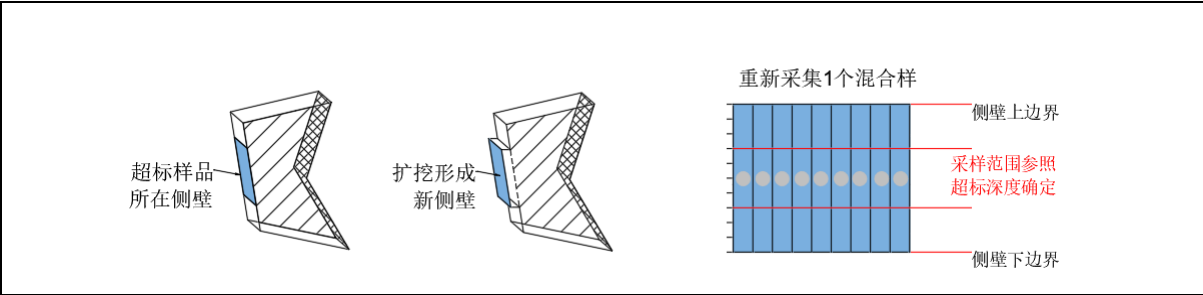


图6.1-1 侧壁超标扩挖布点原则示意图

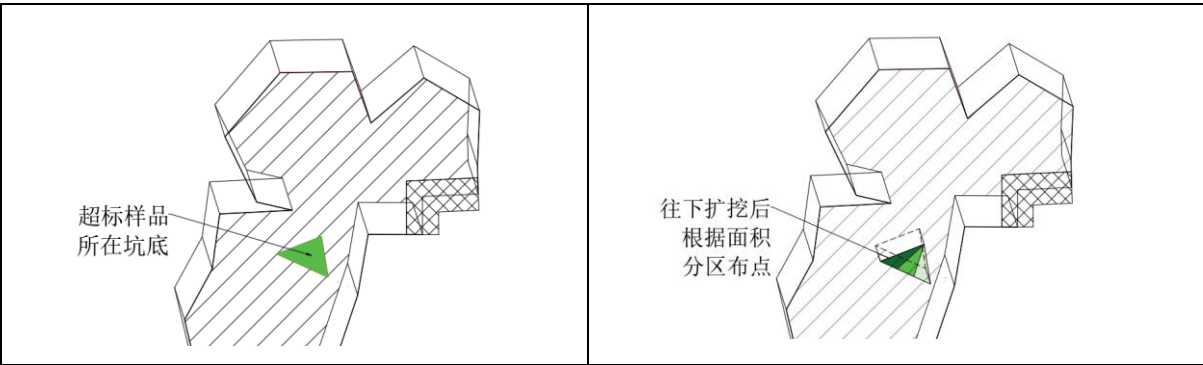


图6.1-2 侧壁坑底超标扩挖布点原则示意图

6.1.3. 第一阶段疑似污染土效果评估

6.1.3.1. 评估范围

根据修复方案，该地块存在 2 类疑似污染土：

- (1) 夹层疑似污染土。污染层上方无污染层，则该污染层取上层接触面 0.5m 厚土层作为疑似污染土。
- (2) 扩挖疑似污染土。每层开挖后的侧壁，不进行过程分层验收检测，但考虑扩

挖修复：考虑侧壁外可能存在需扩挖的污染土壤，为确保项目实施后地块内土壤均开挖、修复合格，当分层开挖侧壁不是最终形成基坑的侧壁时，对于污染区域边界外放坡土或外扩 1m 范围内的土壤直接作为污染土壤进行修复处理，外扩 1m 后的边界再进一步外扩 1m，相应开挖土壤作为“扩挖疑似污染土”，按修复工艺分类（扩挖疑似污染土类型同时考虑其侧壁、上层、下层紧邻污染土壤类型，按最不利情况确定分类）堆置待检，经效果评估检测合格后回填至基坑。

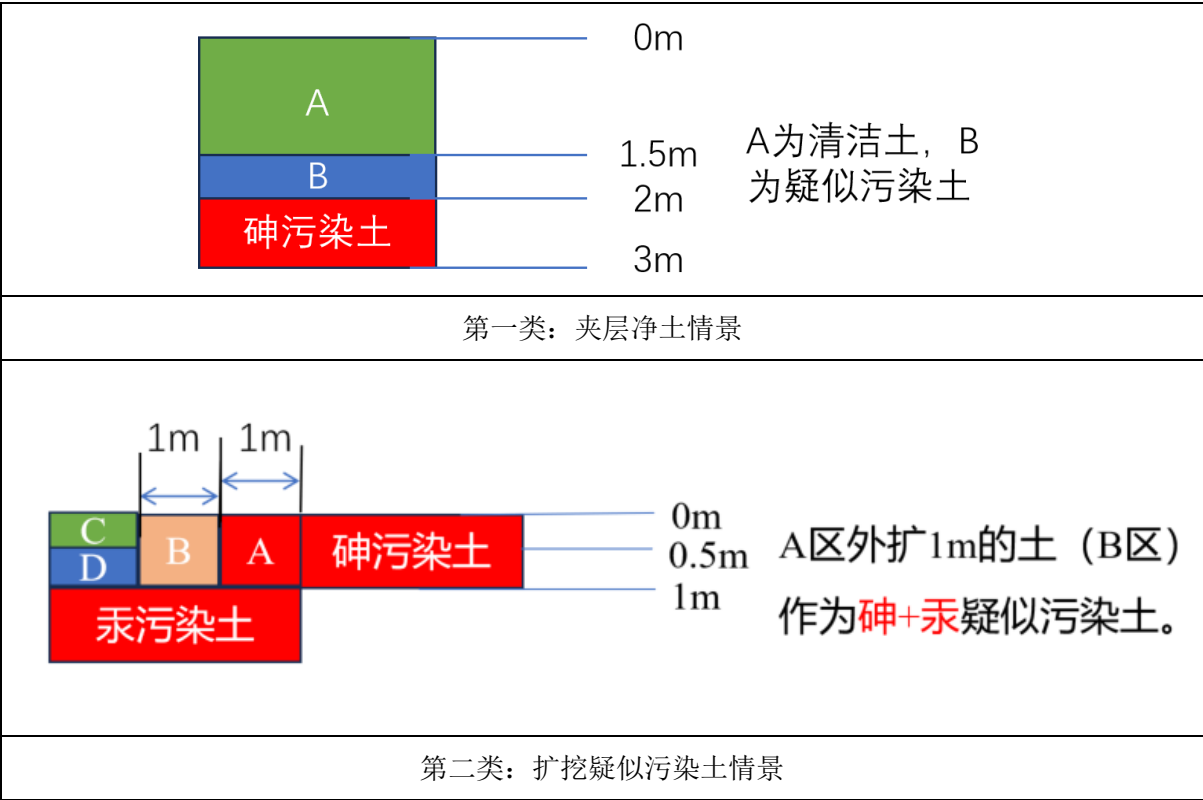


图6.1-3 各类疑似污染土示意图

（3）根据施工总结报告，第一阶段完成中区地块 2#、3#、5#、7#基坑中夹层疑似污染土（热脱附第一类用地）184m³（虚方）清挖转运，堆置于 1#疑似污染土堆场南侧、夹层疑似污染土（水泥窑第一类用地）1838 m³（虚方）清挖转运，堆置于 1#疑似污染土堆场动北侧。

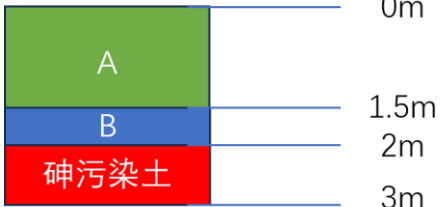
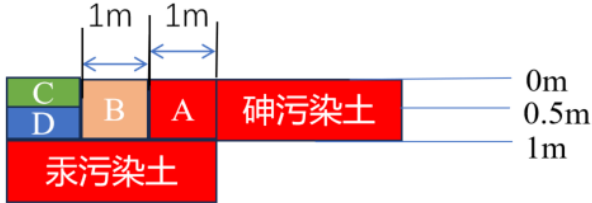
本项目第一阶段夹层疑似污染土按照处置方式和用地类型进行统一堆存，疑似污染土（热脱附第一类用地）土壤在第一阶段只有 Y1-1 的土壤，于 1#疑似污染土堆场南侧单独成堆。Y1-13、Y1-14、Y1-15、Y2-1、Y2-5、Y2-6 均为疑似污染土（水泥窑第一类用地）土壤，于 1#疑似污染土堆场动北侧一起堆存，不做分区。因此，疑似污染土按照处置方式堆存最终形成两个堆体，在效果评估采样检测时，对两个堆体分别按照各自的

方量进行布点采样。

6.1.3.2. 采样情景

疑似污染土检测指标与接触的污染土超标指标一致，由于本次疑似污染土种类较多，检测指标需同时考虑疑似污染土层上、下、侧边接触的污染土超标指标。各类型疑似污染土检测指标示例如下所示。

表6.1-2 各类型疑似污染土检测指标示例

类型	示意图	疑似污染土对应编号	检测指标示例
1		B	砷
2		B	砷、汞

6.1.3.3. 疑似污染土堆场平面布置及布点采样信息

根据施工方案，本地块清挖产生的疑似污染土按疑似污染土类型、处置类别和用地类型分开堆置，共设置 2 个堆场，即 1#疑似污染土堆场和 2#疑似污染土堆场（第二阶段建设，本阶段不涉及）。根据各阶段疑似污染土对应的污染因子以及堆放位置确定各区域疑似污染土检测因子。

表6.1-3 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（水泥窑）	1017.7m ²	568.2m ²	1.8m	1838m ³
1#疑似污染土堆场（热	31.7m×13.2m	25.7m×7.2m	0.65m	184m ³

脱附)				
-----	--	--	--	--

表6.1-4 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	深度(m)	面积(m ²)	方量(m ³)	对应下层污染土效果评估编号	检测因子	处置类型	对应用地类型
Y1-1	2#	0.5-1	306.8	153.4	S38	汞	热脱附	第一类用地
Y1-13	5#	0.5-1	15.7	7.85	S35	铅、钨	水泥窑	
Y1-14	5#	0.5-1	568.5	284.25	S35	铅、钨	水泥窑	
Y1-15	5#	0.5-1	1172.8	586.4	S37	砷、钨	水泥窑	
Y2-1	3#	1.5-2	227.2	113.6	S53	砷	水泥窑	
Y2-5	7#	1.5-2	1068.2	534.1	S51	砷、铅	水泥窑	
Y2-6	5#	1.5-2	373.2	186.6	S52	钨	水泥窑	

表6.1-5 中区地块疑似污染土壤堆体信息

土壤类型	设计方量(m ³)	土壤去向	堆体面积(m ²)	堆体高度(m)	堆体测量方量(m ³)
第一层(0~-1.0m)					
夹层疑似污染土 (热脱附第一类用地)	153.4	1#疑似污染土堆场	/	/	/
夹层疑似污染土 (水泥窑第一类用地)	878.5	1#疑似污染土堆场	/	/	/
第二层(-1.0~-2.0m)					
夹层疑似污染土 (水泥窑第一类用地)	647.7	1#疑似污染土堆场	/	/	/
合计(相同处置方式的疑似污染土一起堆存)					

夹层疑似污染土 (热脱附第一类 用地)	153.4	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)	1526.2	1#疑似污染土堆场	1018	1.8	1838

根据施工总结报告，热脱附疑似污染土（第一类用地）共约 184m³，堆高约 0.7m，划分为 1 个采样单元，单个采样单元方量满足规范要求。分别在每个单元上中下三层各采集 1 个样品，共 3 个样品，布点数量和样品数量满足要求。

根据施工总结报告，水泥窑疑似污染土（第一类用地）共约 1838m³，堆高约 1.8m，划分为 4 个采样单元，单个采样单元方量满足规范要求。分别在每个单元上中下三层各采集 1 个样品，共 12 个样品，布点数量和样品数量满足要求。

6.1.4. 第一阶段建渣与筛上物效果评估

6.1.4.1. 评估范围

本项目的建渣来源为地面硬化破除及污染土壤筛分过程中产生的建筑垃圾、砖石、混凝土等大粒径杂物。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。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），7208m³（虚方）；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），657m³（虚方）。

送往北区热脱附的污染土预处理后，筛上物放置北区暂存，在第二阶段一并进行效果评估。

6.1.4.2. 建渣与筛上物堆场平面布置及布点采样信息

表6.1-6 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6.1-7 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
备注	2#面层、6A#面层、7#-1 面层、7#-4 面层含汞污染土壤，送往北区预处理后，筛上物放置北区暂存，在北区单独进行效果评估。			

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6.1-8 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	7208m ³	15	砷、铅、	1#JZSSW-第一阶	2024/10/2	2024/10/2-

后堆放区			钨、汞	段-1~15	2024/10/3	2024/10/12
2#建筑垃圾冲洗 后堆放区	657m ³	2	砷、汞	2#JZSSW-第一阶 段-1~2		

6.2. 第一阶段现场采样与实验室检测

6.2.1. 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》、《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。

6.2.1.1. 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。

1. 基坑样品现场采样

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。

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。

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。

6.2.1.2. 样品保存与流转

1. 华测检测

样品运回实验室后，由采样人员和样品管理员双方同时清点核实样品数量、样品编号以及检查样品破损情况。核实无误后，对于虚拟单，采样人员将填好的采样原始记录和样品一起交给样品管理员，双方在《样品登记表》上签名确认，样品管理员及时的将样品流转给相应的分析人员，并在《样品接收流转记录表》上签名确认；对于系统单，样品管理员收到样品后，用 lims 系统扫描核实样品无误后接收，接收后流转给相应的分析人员。

2. 贝源检测

使用木铲采样，采用聚乙烯密封袋盛装，总量不少于 1kg。采集样品时每批次样品需采集比例不少于 10%的现场平行样。

样品采集后，由采样人员和样品管理员进行样品交接。样品交接过程中样品管理员对接收样品的质量状况进行检查。检查内容：核查采样记录、样品交接记录和样品标识的一致性。

经样品管理员确认该项目的样品交接时均在检测有效期内,且其采样记录样品交接记录和样品标识的信息一致。样品按正常流程流转至实验室进行分析。

6.2.2. 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,按照《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》DZ/T0279.30-2016 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)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。

6.2.3. 实验室检测

6.2.3.1. 检测方法

表6.2-1 广东贝源检测技术股份有限公司土壤检测指标分析方法与检出限

序号	检测项目	检测方法	检出限	检测仪器
1	氟化物	HJ873-2017 土壤水溶性氟化物和氟化物的测定离子选择电极法	63mg/kg	氟离子计 STAR-A214
2	总砷	GB/T22105.2-2008 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	0.01mg/kg	原子荧光分光光度计 BAF2000
3	总汞	GB/T22105.1-2008 土壤质量总汞、总砷、总铅的测定第1部分:土壤中总汞的测定原子荧光法	0.002mg/kg	原子荧光分光光度计 BAF2000
4	铅	HJ491-2019 土壤和沉积物铜、锌、铅、镍, 铬的测定火焰吸收原子分光光度法	10mg/kg	火焰原子吸收分光光度计 900F
5	钼	HJ803-2016 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	0.05mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪

6	钨	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	0.1mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
7	苯并 (a) 芘	HJ834-2017 土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法	0.1mg/kg	气相色谱质谱联用仪 GCMS
8	二苯并 (a,h) 蒽		0.1mg/kg	
9	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	HJ1021-2019 土壤和沉积物石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) 的测定气相色谱法	6mg/kg	气相色谱仪 GC

表6.2-2 广州市华测品标检测有限公司土壤检测指标分析方法与检出限

序号	检测项目	检测方法	检出限	检测仪器
1	砷	土壤和沉积物汞、砷、硒、铋、锑的测定微波消解/原子荧光法 HJ 680-2013	0.01mg/kg	原子荧光分光光度计 (AFS)
2	铅	HJ 1315-2023 土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定电感耦合等离子体质谱法	1mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
3	钼	HJ 1315-2023 土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定电感耦合等离子体质谱法	0.1mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
4	钨	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 DZ/T 0279.30-2016	0.03mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
5	汞	土壤和沉积物汞、砷、硒、铋、锑的测定微波消解/原子荧光法 HJ 680-2013	0.002mg/kg	原子荧光分光光度计 (AFS)
6	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	土壤和沉积物石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) 的测定气相色谱法 HJ 1021-2019	6mg/kg	气相色谱仪 (GC)
7	苯并 (a) 芘	土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法 HJ 834-2017	0.1mg/kg	气相色谱质谱联用仪 (GCMS)

序号	检测项目	检测方法	检出限	检测仪器
8	二苯并 (a,h) 蒽	土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气 相色谱-质谱法 HJ 834-2017	0.1mg/kg	气相色谱质谱 联用仪 (GCMS)
9	氟化物	土壤水溶性氟化物和氟化物的测定离子 选择电极法 HJ 873-2017	63mg/kg	pH 酸度计

6.2.3.2. 第一次效果评估质控情况

第一阶段修复效果评估检测工作开展于 2024 年 9 月，由具有相关资质的广东贝源检测技术股份有限公司和广州市华测品标检测有限公司负责各自委派的样品采集，流转与实验室分析。

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#-7#污染区域清挖后的基坑底部和基坑侧壁，以及 2#-7#和 12A#0-1m 清挖施工过程中的疑似污染土和筛上物。

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。

6.3. 第一阶段效果评估结果

6.3.1. 第一阶段基坑清挖效果评估

6.3.1.1. 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。

6.3.2. 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。

6.3.3. 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。

6.3.4. 修复工程实施情况审核结论

经审核，修复工程确定的土壤目标污染物、修复范围、修复目标，以及采用的修复技术等，与地块调查报告、风险评估报告及修复方案和相关行政文件等相符合，可作修复效果评估依据。

6.3.5. 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。

6.3.6. 第一阶段修复效果评估结论

(1) 基坑清挖效果评估

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、7#基坑。

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，其中侧壁样品 39 个，其中 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。

（2）筛上物（含建渣）效果评估

按照技术规范采集 17 个筛上物样品进行检测，砷、铅、钨、汞样品 15 个（第一类用地标准），砷、汞样品 2 个（第二类用地标准）。检测结果表明第一阶段效果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。

（3）疑似污染土效果评估

按照技术规范采集 15 个样品进行检测，其中汞样品 3 个，砷、铅、钨样品 12 个。检测结果表明第一阶段效果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。

6.3.7. 综合结论

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。为保障基坑稳定，阶段效果评估评审通过后，修复单位进行基坑回填。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。

第7章 第二阶段效果评估

7.1. 第二阶段效果评估方案

7.1.1.1. 第二阶段基坑及侧壁效果评估布点方案

根据修复方案，本地块分两个阶段进行效果评估，第一阶段共 7 个基坑（2#-7#）需要进行坑底和侧壁的验收，共 16 个面层；第二阶段对剩余基坑（1#、8#-12#）进行效果评估。修复面层信息如下表所示。

表7.1-1 修复面层信息汇总

序号	基坑面层 编号	风评 分区 编号	深度 （m ）	基坑 面积 （m²）	成坑 面积 （m²）	侧壁 长度 （m）	实测 长度 （m）	风险评估中的污 染指标	用地 类型
1.	1#	S8	0-1	178.5	178.5	53.76	53.76	钨	一类 用地
2.	8#-1	S18	0-1	1092.6	1092.6	123.9	123.9	汞	一类 用地
3.	8#-2	S55	2-3	442.8	442.8	无侧壁		砷、铅、石油烃 （C ₁₀ -C ₄₀ ）	
4.	8#-3	S50	2-3	459.5	459.5	105.3	60.2	砷、铅	
5.	8#-4	S54	2-3	1302.2	844.8	120.4	59.1	石油烃（C ₁₀ - C ₄₀ ）	
6.					215.2		25.9		
7.	8#-5	S57	3-4	1079.9	1079.9	130.3	89.7	汞	
8.	9#-1	S19	0-1	432.6	203.7	88.4	88.4	汞	一类 用地
9.	9#-2	S42	1-2	605.4	605.4	106.0	106.0	汞	
10.	9#-3	S58	3-4	612.4	612.4	95.6	95.6	汞	
11.	10A#-1	S5	0-1	1155.1	1155.1	138.8	138.8	砷	一类 用地
12.	10B#-1	S2	0-1	2201.09	276.8	255.28	46.5	砷	二类 用地

序号	基坑面层 编号	风评 分区 编号	深度 (m)	基坑 面积 (m ²)	成坑 面积 (m ²)	侧壁 长度 (m)	实测 长度 (m)	风险评估中的污 染指标	用地 类型
13.	10A#-2	S2	0-1		——		208.89	砷	一类 用地
14.		S26	0-1	792.1	——			砷、氟化物	
15.		S21	0-1	127.6	——			氟化物	
16.	10A#-3	S9	0-1	481.0	481.0	87.7	55.7	砷	
17.		S23	0-1	458.6	458.6	95.3	0	砷、汞	
18.		S14	0-1	418.9	418.9	92	39.5	汞	
19.		S24	0-1	867.4	867.4	120.7	55.1	砷、汞	
20.	10A#-4	S15	0-1	863.4	863.4	120.7	36.7	汞	
21.		S13	0-1	104.9	104.9	52.2	12.2	汞	
22.		S22	0-1	192.04	192.04	64.4	24.4	石油烃（C ₁₀ - C ₄₀ ）	
23.		S27	0-1	770.9	556.7	134.6	0	汞、石油烃 （C ₁₀ -C ₄₀ ）	
24.		S16	0-1	2053.7	785.2	219.1	59.7	汞	
25.	10A#-5				810.3		92.2		
26.	10B#-2	S29	1-2	1908.4	838.5	167.1	52.03	砷	二类 用地
27.									
28.	10A#-6	S29	1-2		1069.9	129.2	77	砷	一类 用地
29.									
30.		S44	1-2	1638.7	675.8	97	7.3	砷、钼、氟化物	
31.					129.7	56.9	19.5	钼、氟化物	
32.					200.3	68.9	19	钼、氟化物	
33.					540.6	99.4	0	铅、钼、氟化物	
34.					556.1	109.2	67.3	铅	
35.		S33	1-2	1118.3				铅	
36.			1-2	654.5	126.2	59.6	铅、钼		

序号	基坑面层 编号	风评 分区 编号	深度 （m ）	基坑 面积 （m ² ）	成坑 面积 （m ² ）	侧壁 长度 （m）	实测 长度 （m）	风险评估中的污 染指标	用地 类型
37	10A#-7	S34	1-2	684.5	684.5	180.2	88.9	铅	
38		S43	1-2	213.0	213.0		——	铅、汞	
39		S39	1-2	784.0	784.0		91.3	汞	
40	10A#-8	S40	1-2	666.5	666.5	103.8	103.8	汞	
41	11A#-1	S3	0-1	738.5	——	111	111	钨	一类 用地
42	11A#-2	S30	1-2	1577.5	165.1	23.7	23.7	钨	
43			1-2		683.1	60.7	60.7	砷	
44	11B#-1		1-2		463.4	51.7	17.4	钨	二类 用地
45			1-2		267.9	29.9	29.9	砷	
46	12A#-1	S4	0-1	740.3	740.3	113.5	113.5	钨	一类 用地
47	12A#-2	S1	0-1	——	——	317.2	253.2	——	
48		S1	0-1	3287.5	188.8	——	——	砷、钨、铅、钼	
49					370.9	——	——		
50	12A#-3	S45	1-2	217.2	460.2	113.13	38.8	砷、铅、钨、苯 并（a）芘、二 苯并（a，h）蒽	
51		S46	1-2	243.0				砷、铅、钨、苯 并（a）芘、二 苯并（a，h） 蒽、氟化物、石 油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	
52	12A#-4	S31	1-2	3736.1	2814.8	263.4	207.2	砷、铅、钨、钼	
53	12A#-5	S32	1-2	29.0	29.0	26	26	钨	
54	12A#-6	S47	2-3	2063.2	1708.7	193.4	163.6	砷、铅、钨、钼	
55	12A#-7	S48	2-3	733.8	733.8	112.3	112.3	钨	
56	12A#-8	S56	3-4	242.9	0	75.7	50.6	钨	

序号	基坑面层 编号	风评 分区 编号	深度 (m)	基坑 面积 (m ²)	成坑 面积 (m ²)	侧壁 长度 (m)	实测 长度 (m)	风险评估中的污 染指标	用地 类型
57	12A#-9	S59	4-5	242.9	0	75.7	50.6	钨	
58	12A#-10	S60	5-6	994.8	751.9	131.1	131.1	钨	
59	12A#-11	S61	6-7	242.9	242.9	75.7	75.7	钨	
60	12B#-1	S1	0-1	255.6	255.6	64.0	64.0	砷	二类 用地
61	12B#-2	S28	1-2	756.9	662.3	131.4	82.2	砷、铅、钨	
62	12B#-3	S47	2-3	111.6	111.6	29.8	29.8	砷	

7.1.2. 污染土壤异位热脱附修复效果评估

7.1.2.1. 评估范围

污染土壤异位热脱附修复效果评估对象为地块内汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、半挥发性有机物及其复合污染土壤修复后的土壤堆体。

根据广东省地方标准《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），异位热脱附修复后堆体单独堆置在一个区域，分成若干个采样单元，即每个采样单元（每个样品代表的土方量）不应超过 500 m³，采集样品时，可在土壤堆体表层、中层和底层分别采集土壤样品制成一个混合样。异位热脱附修复后堆体共 19 个。

7.1.3. 第二阶段疑似污染土效果评估

表7.1-2 各疑似污染土堆体信息

序号	建渣类型	堆体底面长 宽 (m ²)	堆体顶面长 宽 (m ²)	平均堆 高 (m)	虚方方量 (m ³)
1	疑似污染土（热脱附，一类）	765	579	2.8	1876
2	疑似污染土（水泥窑，一类）	1292	1064	2.8	3292
3	疑似污染土（热脱附+水泥窑，一	180	93	2.8	376

序号	建渣类型	堆体底面长宽 (m ²)	堆体顶面长宽 (m ²)	平均堆高 (m)	虚方方量 (m ³)
	类)				
4	扩挖疑似污染土 (水泥窑, 一类)	36	8	2.0	41
5	扩挖疑似污染土 (热脱附, 一类)	38.7	9.6	1.5	34
6	疑似污染土 (水泥窑, 二类)	229	141	2.0	366
7	环境管理土-疑似污染土 (水泥窑)	171	100	2.5	335
8	环境管理土-夹层疑似污染土 (热脱附+水泥窑)	144	80	2.8	309

根据广东省地方标准《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), 疑似污染土监测参照异位修复效果评估监测方法。疑似污染土单独堆置成一个区域, 将疑似污染土分成若干个采样单元, 即每个采样单元 (每个样品代表的土方量) 不应超过 500 m³, 采集样品时, 可在土壤堆体表层、中层和底层各采集 1 个土壤样品。

根据施工方案, 本地块清挖产生的疑似污染土按疑似污染土类型、处置类别和用地类型分开堆置, 共设置 2 个堆场, 即 1#疑似污染土堆场和 2#疑似污染土堆场。1#堆场和 2#堆场的堆置工程量分别为 8700 虚方, 1200 虚方。根据各阶段疑似污染土对应的污染因子以及堆放位置确定各区域疑似污染土检测因子。

根据施工总结报告, 各类疑似污染土堆体堆高均不超过 3m, 按照堆体方量划分采样单元, 每个采样单元方量均小于 500m³, 单个采样单元方量满足规范要求。分别在每个单元上中下三层各采集 1 个样品, 布点数量和样品数量满足要求。

7.1.4. 第二阶段建渣与筛上物效果评估

根据《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/T2417-2023) 等相关规定, 对筛上物表面附着土壤进行采样, 每个采样单元不应超过 500m³, 每个采样单元采集不少于 1 个样品。

根据修复方案制定的基坑开挖顺序, 第二阶段建筑垃圾冲洗后堆置区分为 1#建筑垃圾冲洗后堆放区 (第二阶段)、2#建筑垃圾冲洗后堆放区 (第二阶段), 堆置第二阶

段污染土筛分出的建筑垃圾。

表7.1-3 第二阶段中区各分区筛上物和建渣堆体情况

序号	堆体编号	堆体底面长 宽 (m ²)	堆体顶面长 宽 (m ²)	平均堆高 (m)	虚方方量 (m ³)	采样进场日期
1	JZ5	529	374	2.85	1258	2024/12/27
2	JZ3	1646	1901	2.8	5050	2024/12/17
3	JZ4	1663	1920	2.8	5101	2024/12/16
检测因子：砷、铅、钨、汞、钼、氟化物、苯并(a)芘、二苯并(a, h)蒽、石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)						

污染建筑垃圾（筛上物）冲洗废水收集抽排至污水处理系统进行处理，出水经监理采样监测合格后纳管排放。冲洗污泥及时清理后转运至热脱附预处理大棚内与“热脱附+水泥窑”工艺污染土壤或水泥窑工艺污染土壤一并处置。

冲洗后建筑垃圾（筛上物）共计堆置 4 堆。

表7.1-4 北区冲洗合格建筑垃圾（筛上物）堆体信息

序号	堆体编号	堆体方量 (m ³)	污染物	采样时间
1	JZ01	373.65	砷、铅、汞、钼、钨、氟化物、 苯并 (a) 芘、二苯并 (a, h) 蒽、石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	2024/12/17
2	JZ02-1	804.35		2024/12/27
3	JZ02-2	1510.00		
4	JZ02-3	1428.09		
合计		4116.09	/	/

根据施工总结报告，各类建筑垃圾及筛上物堆体堆高均不超过 3m，按照堆体方量划分采样单元，每个采样单元方量均小于 500m³，单个采样单元方量满足规范要求。每个采样单元各采集 1 个样品，布点数量和样品数量满足要求。

为全面检测建筑垃圾及筛上物的堆体情况，保守起见采用全指标进行采样检测。

7.1.5. 潜在二次污染区域土壤监测评估

在第二阶段施工开始清挖后，部分第一阶段冲洗区和建渣堆放区土壤被作为污染土壤清挖和处置，剩余部分作为潜在二次污染区进行布点，第一阶段冲洗区分成 3 个区

域，一类建渣堆放区分成 2 个区域，各自按照区域面积划分采样单元并进行布点，每个区域至少采集 2 个样品。由于第一阶段清挖只涉及砷、铅、钨、汞四种土壤污染物，因此保守起见第一阶段潜在二次污染区均检测砷、铅、钨、汞。各验收区具体布点情况如下：

1. 第一阶段潜在二次污染区验收

表7.1-5 第一阶段潜在二次污染区布点信息

区域	编号	面积	样品数	点位编号	检测指标
冲洗区	1a	108.78	3	第一阶段建渣冲洗区 S1~3	砷、铅、钨、汞
冲洗区	1b	11.62	2	第一阶段建渣冲洗区 S4~5	砷、铅、钨、汞
冲洗区	1c	10.98	2	第一阶段建渣冲洗区 S6~7	砷、铅、钨、汞
一类建渣堆放区	2a	833.68	3	第一阶段一类建渣堆放区 S1~3	砷、铅、钨、汞
一类建渣堆放区	2b	33.91	2	第一阶段一类建渣堆放区 S4~5	砷、铅、钨、汞
二类建渣堆放区	3a	246.05	3	第一阶段二类建渣堆放区 S1~3	砷、铅、钨、汞
建渣冲洗区 S5 扩挖	冲洗 区 S5	6	2	第一阶段建渣冲洗区 S5- KW1~2	钨 (S5 区域钨超 标，其他指标不 超标)

2. 第二阶段潜在二次污染区验收

第二阶段的潜在二次污染区有：预处理车间及配套尾气处理装置和暂存间、建筑垃圾冲洗后堆存区（第二阶段）、建筑垃圾冲洗区（第二阶段）、疑似污染土堆场、水处理设备区、运输道路及配套洗车台与汽车衡。这些区域已完成回填后的采样检测。

为保守起见，第二阶段潜在二次污染区验收的检测指标为全指标。具体布点采样情况与样品数量见下表。

表7.1-6 第二阶段功能区面积、点位数量、测试指标一览表

功能区	面积 (m ²)	点位数量	点位编号	测试指标	采样时间	备注
预处理车间	2250	5	预处理车间 S1-5	砷、铅、 钼、钨、 汞、氟化物 (可溶 性)、苯并 [a]芘、二苯 并[a,h]蒽、 石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	2025/2/17	/
1#尾气处理设备	110	3	尾气 S1-3		2025/2/17	/
危废暂存及药剂间	36	2	危废间 S1-2		2025/2/17	/
污染建筑垃圾冲洗区(第二阶段)	675	3	建渣冲洗(第二阶段) S1-3		2025/2/20	/
1#建筑垃圾冲洗后堆放区(第二阶段)	2131	5	建渣堆放(第二阶段) S1-5		2025/2/20	/
2#建筑垃圾冲洗后堆放区(第二阶段)	2109	5	建渣堆放(第二阶段) S6-10		2025/2/20	/
1#疑似污染土堆场	2731	6	1#疑似污染土堆场 S1-6		2025/2/20	/
道路 1	3582.2	6	道路 1S1-6		2025/2/17	/
道路 2	1241.4	4	道路 2S1-4		2025/2/20	/
汽车衡 1	51	2	汽车衡 S1-2		2025/2/20	/
汽车衡 2	51	0	/		/	位于污染区, 第二阶段已完成清挖

功能区	面积 (m ²)	点位数量	点位编号	测试指标	采样时间	备注
洗车区 1	8.51	0	/		/	位于污染区，第二阶段已完成清挖
洗车区 2	60	2	洗车区 S1-2		2025/2/17	/
水处理设备	736	3	水处理 S1-3		2025/2/17	/
2#暂存池	361	3	2#暂存池 S1-3		2025/2/17	第二阶段施工时， 将 2#暂存池迁移至 污水处理设备附近 位置。
2#暂存池	361	3	2#暂存池 S4-6		2025/2/20	
3#暂存池	361	3	3#暂存池 S1-3		2025/2/17	

7.1.6. 水泥窑协同处置效果评估

7.1.6.1. 评估内容

1. 检测指标及评估标准

本项目污染土壤处置期间，各水泥厂定期对其生产的水泥或熟料产品进行检测，水泥或熟料质量需满足《通用硅酸盐水泥》（GB 175-2007）或《硅酸盐水泥熟料》（GB/T 21372-2008）的要求。

本项目污染土壤处置期间，各水泥厂定期对回转窑排气筒进行尾气排放监测，污染土壤协同处置期间回转窑排气筒排放大气污染物需满足《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》（GB 30485-2013）及《水泥工业大气污染物排放标准》（GB 4915-2013）的要求。

2. 采样数量及采样节点

根据水泥窑协同处置污染土壤完成时间，分别对协同处置后的水泥样品采样监测：水泥熟料中重金属含量按照首次处理时一周监测 3 次，结果稳定且不超限制按照每月 1 次的频次监测。水泥窑处置单位对水泥产品不定期开展检测，检测结果稳定且不超限制值。

7.1.7. 危险废物处置效果评估

危险废物清理完成情况验收布点方案参照《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》（HJ 25.2-2019）、环境保护部公告 2014 年第 78 号《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》、《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）》、《危险废物鉴别技术规范》（HJ 298-2019）等要求。

基坑的布点原则参照《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）、《建设用地土壤污染修复效果评估监测质量控制技术规范》（DB44/T2417-2023）、《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）》（2024 年 10 月 15 日）等要求；基坑的样品采集依据《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20-1998）、《危险废物鉴别技术规范》（HJ 298-

2019) 等要求进行。

根据《佛山照明禅城总部厂区中区地块外运污染土壤危险特性鉴别报告》危险废物鉴别结果, 选取毒性物质含量检测指标**铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂**, 根据检测结果推断累计毒性物质含量, 清挖验收毒性物质含量检测因子为三碘化砷(以砷含量折算)、碘化汞(以汞含量折算)、石油溶剂(以石油烃(C₁₀-C₄₀)含量折算)、次硫化镍(以镍含量折算)、磷酸铅(以铅含量折算)、氟化锌(以氟化物含量折算)。

表7.1-7 清挖区域 1 侧壁布点数量统计

深度区间 (m)	基坑周长 (m)	布点数量 (个)	单元长度 (m)	检测指标
0-1.0	8.25	4	2.06	毒性物质含量: 铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-8 清挖区域 1 坑底布点数量统计

坑底深度 (m)	预计清挖面积 (m ²)	布点数量 (个)	每个单元面积 (m ²)	检测指标
1.0	4.25	2	2.12	毒性物质含量: 铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-9 清挖区域 1 样品采集信息表

序号	基坑区域 编号	位置	相对深度区 域 (m)	采样单元编号	长度或面积	检测指标
1	清挖区域 1	侧壁	0-1.0	JK1-3	2.06m	毒性物质含 量: 铅、砷、 汞、镍、氟化 物、石油溶剂
2		侧壁	0-1.0	JK1-4	2.06m	
3		侧壁	0-1.0	JK1-5	2.06m	
4		侧壁	0-1.0	JK1-6	2.06m	
5		坑底	1.0-1.2	JK1-1	2.12m ²	
6		坑底	1.0-1.2	JK1-2	2.12m ²	

表7.1-10 清挖区域 2 侧壁布点数量统计

深度区间 (m)	基坑周长 (m)	布点数量 (个)	单元长度 (m)	检测指标
0-1.0	8.24	4	2.06	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-11 清挖区域 2 坑底布点数量统计

坑底深度 (m)	预计清挖面积 (m ²)	布点数量 (个)	每个单元面积 (m ²)	检测指标
1.0	4.24	2	2.12	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-12 清挖区域 2 样品采集信息表

序号	基坑区域 编号	位置	相对深度区 域 (m)	采样单元编号	长度或面积	检测指标
1	清挖区域 2	侧壁	0-1.0	JK2-3	2.06m	毒性物质含 量：铅、砷、 汞、镍、氟化 物、石油溶剂
2		侧壁	0-1.0	JK2-4	2.06m	
3		侧壁	0-1.0	JK2-5	2.06m	
4		侧壁	0-1.0	JK2-6	2.06m	
5		坑底	1.0-1.2	JK2-1	2.12m ²	
6		坑底	1.0-1.2	JK2-2	2.12m ²	

表7.1-13 清挖区域 3 侧壁布点数量统计

深度区间 (m)	基坑周长 (m)	布点数量 (个)	单元长度 (m)	检测指标
2.0-3.0	8.43	4	2.11	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-14 清挖区域 3 坑底布点数量统计

坑底深度	预计清挖面积	布点数量	每个单元面积	检测指标
------	--------	------	--------	------

(m)	(m ²)	(个)	(m ²)	
3.0	4.43	2	2.22	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-15 清挖区域 3 样品采集信息表

序号	基坑区域编号	位置	相对深度区域 (m)	采样单元编号	长度或面积	检测指标
1	清挖区域 3	侧壁	2.0-3.0	JK3-3	2.11m	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂
2		侧壁	2.0-3.0	JK3-4	2.11m	
3		侧壁	2.0-3.0	JK3-5	2.11m	
4		侧壁	2.0-3.0	JK3-6	2.11m	
5		坑底	3.0-3.2	JK3-1	2.22m ²	
6		坑底	3.0-3.2	JK3-2	2.22m ²	

表7.1-16 清挖区域 4 侧壁布点数量统计

深度区间 (m)	基坑周长 (m)	布点数量 (个)	单元长度 (m)	检测指标
1.0-2.0	21.62	4	5.40	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-17 清挖区域 4 坑底布点数量统计

坑底深度 (m)	预计清挖面积 (m ²)	布点数量 (个)	每个单元面积 (m ²)	检测指标
2.0	25.73	2	12.86	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂

表7.1-18 清挖区域 4 样品采集信息表

序号	基坑区域编号	位置	相对深度区域 (m)	采样单元编号	长度或面积	检测指标
1	清挖区域	侧壁	1.0-2.0	JK4-3	5.40m	毒性物质含

2	4	侧壁	1.0-2.0	JK4-4	5.40m	量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂
3		侧壁	1.0-2.0	JK4-5	5.40m	
4		侧壁	1.0-2.0	JK4-6	5.40m	
5		坑底	2.0-2.2	JK4-1	12.86m ²	
6		坑底	2.0-2.2	JK4-2	12.86m ²	

表7.1-19 清挖区域 5 侧壁布点数量统计

深度区间 (m)	基坑周长 (m)	布点数量 (个)	单元长度 (m)	检测指标
1.0-2.0	25.99	4	6.50	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂
2.0-3.0	16.14	4	4.04	

表7.1-20 清挖区域 5 坑底布点数量统计

坑底深度 (m)	预计清挖面积 (m ²)	布点数量 (个)	每个单元面积 (m ²)	检测指标
2.0	27.82	2	13.91	毒性物质含量：铅、砷、汞、镍、氟化物、石油溶剂
3.0	14.00	2	7.00	

表7.1-21 清挖区域 5 样品采集信息表

序号	基坑区域 编号	位置	相对深度区 域 (m)	采样单元编号	长度或面积	检测指标
1	区域 5 第 一层 (1.0- 2.0m)	侧壁	1.0-2.0	JK5-3	6.50m	毒性物质含 量：铅、砷、汞、镍、氟化 物、石油溶剂
2		侧壁	1.0-2.0	JK5-4	6.50m	
3		侧壁	1.0-2.0	JK5-5	6.50m	
4		侧壁	1.0-2.0	JK5-6	6.50m	
5		坑底	2.0-2.2	JK5-1	13.91m ²	
6		坑底	2.0-2.2	JK5-2	13.91m ²	
7	区域 5 第 二层	侧壁	2.0-3.0	JK5-9	4.04m	
8		侧壁	2.0-3.0	JK5-10	4.04m	

9	(2.0-3.0m)	侧壁	2.0-3.0	JK5-11	4.04m	
10		侧壁	2.0-3.0	JK5-12	4.04m	
11		坑底	3.0-3.2	JK5-8	7.00m ²	
12		坑底	3.0-3.2	JK5-7	7.00m ²	

7.2. 第二阶段现场采样与实验室检测

7.2.1. 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）》（HJ 25.5-2018）、《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）、《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）、《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 HJ 834-2017》等相关规定进行样品采集。

7.2.1.1. 基坑样品现场采样

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。

7.2.1.2. 钢板桩支护区域采样

本项目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,其余垂直支护结构和污染边界二者重合处仍需进行采样。5#-5 面层的 S49 基坑在进行清挖前已完成钢板桩支护,因此在进行效果评估采样时,将对虚侧壁以外的钢板桩区域污染土壤进行采样检测。采样方法参照侧壁的重金属样品采样方法进行。

7.2.1.3. 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》(HJ25.2)和《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166)执行。

7.2.1.4. 潜在二次污染区域土壤采样

根据 HJ25.5-2018 及广东省地方标准《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/T2417--2023)技术要点,地面已做硬底化或防渗处理的区域,应在每个采样单元采集不少于 1 个去除硬化层后的表层 0~20cm 土壤样品,采样点应位于有明显污染痕迹、裂缝或凹陷、采样单元中央。

地面已做硬底化或防渗处理的区域,硬化地面预先用挖掘机炮锤将表层的混凝土破开,采用木铲、土钻等采集 0~20cm 左右的表层样品。

7.2.1.5. 水泥窑协同处置后样品采集

根据重金属超标土壤开挖及水泥窑协同处置进度情况,共采集了 6 个批次 6 个本项目重金属土壤水泥窑处置后的水泥熟料样品。

7.2.2. 样品保存与流转

1. 华测检测

样品运回实验室后,由采样人员和样品管理员双方同时清点核实样品数量、样品编号以及检查样品破损情况。核实无误后,对于虚拟单,采样人员将填好的采样原始记录和样品一起交给样品管理员,双方在《样品登记表》上签名确认,样品管理员及时的将样品流转给相应的分析人员,并在《样品接收流转记录表》上签名确认;对于系统单,

样品管理员收到样品后，用 lims 系统扫描核实样品无误后接收，接收后流转给相应的分析人员。

2. 贝源检测

使用木铲采样，采用聚乙烯密封袋盛装，总量不少于 1kg。采集样品时每批次样品需采集比例不少于 10% 的现场平行样。

样品采集后，由采样人员和样品管理员进行样品交接。样品交接过程中样品管理员对接收样品的质量状况进行检查。检查内容：核查采样记录、样品交接记录和样品标识的一致性。

经样品管理员确认该项目的样品交接时均在检测有效期内，且其采样记录样品交接记录和样品标识的信息一致。样品按正常流程流转至实验室进行分析。

7.2.3. 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。

1) 采样过程的交叉污染控制

采用标准的现场操作程序以取得现场代表性的样品。现场采样时详细填写现场观察的记录单，比如深度、土壤质地、气味、气象条件，采样时间与采样人员，样品名称和编号，采样时间，采样位置等。采样过程中采样员佩戴一次性 PE 手套，每次取样后进行更换，不同点位的土壤样品瓶应单独密封在自封袋中，避免交叉污染。

2) 现场采样质量控制措施

为评估从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段的质量控制效果，本项目在现场采样过程中设定现场质量控制样品，包括现场平行样、同种采样介质，质控样品数量不少于总检测样品数量的 10%。样品采集完成后，在样品瓶写明编号等采样信息，并做好现场记录。所有样品采集后放入装有蓝冰的低温保温箱中，并及时送至实验室进行分析。在样品运送过程中，要确保保温箱能满足样品对低温的要求。

3) 样品保存、流转质量控制措施

所有样品采集后放入装有蓝冰的低温保温箱中，土壤样品的保存参照《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》DZ/T0279.30-2016 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）等分析方法标准的相关要求进行。

7.2.4. 实验室检测

7.2.4.1. 检测方法

广东贝源检测技术股份有限公司和广州市华测品标检测有限公司两家单位土壤样品各项检测指标分析方法与检出限情况见下表。

本项目中两家检测单位的砷、汞、铅、钼的检测方法存在不一致的情况。从两家检测单位的分析方法与检出限表格可知两家检测单位均使用原子荧光法检测砷、汞，且检出限一致，因此没有强制使用同一种方法检测。由于钼的检测需求较少，检测单位普遍只用其中一种方法检测，因此较难找到使用同一检测方法的两家检测单位。由于项目工期较紧，且不同检测单位的样品中检测因子组合不同，华测品标的铅和钼使用同一个检测方法进行处理和检测以节省工期，贝源检测则使用效率较高的检测方法检测铅。

表7.2-1 广东贝源检测技术股份有限公司土壤检测指标分析方法与检出限

序号	检测项目	检测方法	检出限	检测仪器
1	氟化物	HJ873-2017 土壤水溶性氟化物和氟化物的	63mg/kg	氟离子计 STAR-

		测定离子选择电极法		A214
2	总砷	GB/T22105.2-2008 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	0.01mg/kg	原子荧光分光光度计 BAF2000
3	总汞	GB/T22105.1-2008 土壤质量总汞、总砷、总铅的测定第1部分：土壤中总汞的测定原子荧光法	0.002mg/kg	原子荧光分光光度计 BAF2000
4	铅	HJ491-2019 土壤和沉积物铜、锌、铅、镍、铬的测定火焰吸收原子分光光度法	10mg/kg	火焰原子吸收分光光度计 900F
5	钼	HJ803-2016 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	0.05mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
6	钨	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	0.1mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
7	苯并(a)芘	HJ834-2017 土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法	0.1mg/kg	气相色谱质谱联用仪 GCMS
8	二苯并(a,h)蒽		0.1mg/kg	
9	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	HJ1021-2019 土壤和沉积物石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)的测定气相色谱法	6mg/kg	气相色谱仪 GC

表7.2-2 广州市华测品标检测有限公司土壤检测指标分析方法与检出限

序号	检测项目	检测方法	检出限	检测仪器
1	砷	土壤和沉积物汞、砷、硒、铋、锑的测定微波消解/原子荧光法 HJ 680-2013	0.01mg/kg	原子荧光分光光度计 (AFS)
2	铅	HJ 1315-2023 土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定电感耦合等离子体质谱法	1mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
3	钼	HJ 1315-2023 土壤和沉积物 19 种金属元素总量的测定电感耦合等离子体质谱法	0.1mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪

序号	检测项目	检测方法	检出限	检测仪器
4	钨	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 DZ/T 0279.30-2016	0.03mg/kg	电感耦合等离子体质谱仪
5	汞	土壤和沉积物汞、砷、硒、铋、锑的测定微波消解/原子荧光法 HJ 680-2013	0.002mg/kg	原子荧光分光光度计（AFS）
6	石油烃 （C ₁₀ -C ₄₀ ）	土壤和沉积物石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）的测定气相色谱法 HJ 1021-2019	6mg/kg	气相色谱仪（GC）
7	苯并 （a）芘	土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法 HJ 834-2017	0.1mg/kg	气相色谱质谱联用仪（GCMS）
8	二苯并 （a,h）蒽	土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法 HJ 834-2017	0.1mg/kg	气相色谱质谱联用仪（GCMS）
9	氟化物	土壤水溶性氟化物和氟化物的测定离子选择电极法 HJ 873-2017	63mg/kg	pH 酸度计

7.2.4.2. 第二阶段效果评估质控结果-华测检测

采样布点、样品采集、样品保存流转和实验室分析严格按照国家、行业标准方法、相关作业指导书要求进行，实验室分析认真做好质控措施，使用标准物质，绘制标准曲线，平行密码样检测、加标回收等基础质控措施，监测仪器均经计量部门检定且在有效使用期内，监测人员持证上岗，监测报告经三级审核，由授权签字人签发。

7.2.4.3. 第二阶段效果评估质控结果-贝源检测

采样布点、样品采集、样品保存流转和实验室分析严格按照国家、行业标准方法、相关作业指导书要求进行，实验室分析认真做好质控措施，使用标准物质，绘制标准曲线，平行密码样检测、加标回收等基础质控措施，监测仪器均经计量部门检定且在有效使用期内，监测人员持证上岗，监测报告经三级审核，由授权签字人签发。

第8章 第二阶段效果评估结果

8.1. 污染土壤基坑清挖效果评估

修复工程实施完成后，共形成了 1#、8#、9#、10A#、10B#、11A#、11B#、12A#及 12B#基坑。

1. 一次清挖到位的有 1#、11B#基坑。

1#基坑（1 个面层）共采集 8 个样品，其中侧壁 5 个，检测指标为钨；坑底 3 个，检测指标也为钨。11B#基坑（1 个面层）共采集 10 个侧壁样品和 6 个坑底样品。侧壁样品中 4 个测试指标为钨，2 个为砷、钨，4 个为砷；坑底样品中 2 个为钨，2 个为砷、钨，2 个为砷。

2. 二次清挖到位的有 8#、9#、10A#、10B#、11A#、12A#及 12B#基坑。

8#基坑（5 个面层）一次清挖时共采集 27 个侧壁样品和 20 个坑底样品。侧壁样品中 6 个为汞，15 个为砷、铅、石油烃（C10-C40），6 个为汞、石油烃（C10-C40）；坑底样品中 4 个为汞，12 个为砷、铅、石油烃（C10-C40），4 个为汞、石油烃（C10-C40）。部分点位检测结果显示石油烃（C10-C40）超过第一类用地修复目标值，经过二次清挖后，重新采集侧壁样品 1 个，检测指标为石油烃（C10-C40）。结果显示，二次清挖及二次效果评估检测后，最终检测结果达标。

9#基坑（3 个面层）一次清挖时共采集 15 个侧壁样品和 9 个坑底样品，测试指标为汞。超筛未验收后清挖的疑似污染土和清洁土均在预处理后送至热脱附处置。

10A#基坑（8 个面层）一次清挖时共采集 100 个侧壁样品和 74 个坑底样品。侧壁样品中 11 个为砷，8 个为砷、氟化物，15 个为砷、汞，25 个为汞、石油烃（C10-C40），5 个为汞，6 个为砷、钼、氟化物，10 个为铅、砷、钼、氟化物，10 个为铅、钼、氟化物，10 个为铅、汞；坑底样品中 7 个为砷，6 个为砷、氟化物，12 个为砷、汞，18 个为汞、石油烃（C10-C40），3 个为汞，4 个为砷、钼、氟化物，9 个为铅、砷、钼、氟化物，6 个为铅、钼、氟化物，9 个为铅、汞。部分点位检测结果显示超过第一类用地修复目标值，经过二次清挖后，重新采集侧壁样品 5 个，其中 1 个为砷，3 个为汞，1 个为铅；坑底样品 8 个，检测指标为汞。结果显示，二次清挖及二次效果评估检测后，

最终检测结果达标。

10B#基坑（2个面层）一次清挖时共采集10个侧壁样品和3个坑底样品。侧壁样品中9个为砷，1个为砷、钼、氟化物；坑底样品中2个为砷，1个为砷、钼、氟化物。部分点位检测结果显示超过第二类用地修复目标值，经过二次清挖后，重新采集侧壁样品1个，检测指标为砷。结果显示，二次清挖及二次效果评估检测后，最终检测结果达标。

11A#基坑（2个面层）一次清挖时共采集15个侧壁样品和6个坑底样品。侧壁样品中9个为钨，2个为砷、钨，4个为砷；坑底样品中2个为钨，2个为砷、钨，2个为砷。部分点位检测结果显示超过第一类用地修复目标值，经过二次清挖后，重新采集侧壁样品3个，检测指标为钨。结果显示，二次清挖及二次效果评估检测后，最终检测结果达标。

12A#基坑（11个面层）共采集62个侧壁样品和34个坑底样品。侧壁样品中34个为钨，23个为铅、钼、钨、砷，5个为砷、铅、钨、钼、苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽、氟化物、石油烃（C10-C40）；坑底样品中17个为钨，3个为钨、砷，3个为铅、苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽、氟化物、石油烃（C10-C40），9个为铅、钼、钨、砷，2个为砷。部分点位检测结果显示超过第一类用地修复目标值，经过二次清挖后，重新采集侧壁样品3个，其中1个为砷，1个为钨，1个为钼；坑底样品6个，测试指标为钨。结果显示，二次清挖及二次效果评估检测后，最终检测结果达标。

12B#基坑（3个面层）共采集15个侧壁样品和9个坑底样品。侧壁样品中5个为砷、钨，5个为砷、铅、钨、苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽、氟化物、石油烃（C10-C40），5个为砷；坑底样品中3个为砷、钨，3个为砷、铅、钨、苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽、氟化物、石油烃（C10-C40），3个为砷、铅、钨。部分点位检测结果显示超过第二类用地修复目标值，经过二次清挖后，重新采集侧壁样品2个，测试指标为砷；坑底样品3个，测试指标为钨。结果显示，二次清挖及二次效果评估检测后，最终检测结果达标。

综上，以上基坑均已完成清挖，检测结果表明：1#、8#、9#、10A#、11A#及12A#基坑目标污染物含量低于地块第一类用地修复目标值，基坑清挖到位；10B#、11B#及12B#基坑目标污染物含量低于地块第二类用地修复目标值，基坑清挖到位。效果评估结

论

综上，以上基坑均已完成清挖。检测结果表明，在评估范围内，1#、8#、9#、10A#、11A#和 12A#基坑的目标污染物含量低于地块第一类用地修复目标值，基坑清挖到位。10B#、11B#和 12B#基坑目标污染物含量低于地块第二类用地修复目标值，基坑清挖到位。

8.2. 污染土壤异位修复效果评估

对热脱附修复后形成的 19 个土堆进行采样，共采集 46 个样品。样品中 34 个测试指标为汞，1 个测试指标为苯并（a）芘、二苯并（a，h）蒽，6 个测试指标为石油烃（C10-C40），3 个测试指标为苯并（a）芘、二苯并（a，h）蒽、石油烃（C10-C40），2 个测试指标为汞、石油烃（C10-C40）。

最终的检测结果显示热脱附修复后土壤的目标污染物全部达标。。

8.3. 第二阶段疑似污染土效果评估

对疑似污染土土堆进行采样，共采集 51 个样品。样品中 15 个测试指标为汞、石油烃（C10-C40），30 个测试指标为铅、氟化物、砷、钼、钨，3 个测试指标为铅、石油烃（C10-C40）、汞、砷，3 个测试指标为铅、氟化物、石油烃（C10-C40）、砷、钼、苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽、钨。

最终的检测结果显示各个土堆土壤的目标污染物全部达标。

8.4. 第二阶段建筑垃圾和筛上物效果评估

对建筑垃圾及筛上物进行采样，共采集 36 个样品。样品中 26 个测试指标为砷、铅、钨、汞、钼、氟化物、苯并（a）芘、二苯并（a，h）蒽、石油烃（C10-C40），1 个测试指标为苯并（a）芘、二苯并（a，h）蒽、汞、石油烃（C10-C40），9 个测试指标为砷、汞、铅、钨、苯并（a）芘、二苯并（a，h）蒽、氟化物、石油烃（C10-C40）。

最终的检测结果显示各个堆体的目标污染物全部达标。

8.5. 潜在二次污染区效果评估

对第一阶段建筑垃圾冲洗后堆存区和建筑垃圾冲洗区土壤进行采样，共采集 15 个

样品，测试指标为砷、铅、钨、汞。

部分点位存在超筛情况需要扩挖，扩挖后检测结果表明第一阶段潜在二次污染区域土壤样品含量低于土壤样品对应的第一类用地修复目标值。

对第二阶段预处理车间、1#尾气处理设备、危废暂存及药剂间、污染建筑垃圾冲洗区（第二阶段）、1#建筑垃圾冲洗后堆放区（第二阶段）、2#建筑垃圾冲洗后堆放区（第二阶段）、1#疑似污染土堆场、道路、汽车衡、洗车区、水处理设备、2#暂存池、3#暂存池区域土壤进行采样，共采集 55 个样品，测试指标为砷、铅、钼、钨、汞、氟化物（可溶性）、苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽、石油烃（C10-C40）。

检测结果表明第二阶段潜在二次污染区域土壤样品含量低于土壤样品对应的第一类用地修复目标值。

8.5.1. 效果评估结论

根据检测结果分析，在潜在二次污染区域内，已采样的所有土壤样品的目标污染物含量均低于第一类用地修复目标值，表明所对应的第一阶段的冲洗区、一类建渣堆放区、二类建渣堆放区未因修复工程的施工而造成污染；第二阶段的预处理车间、1#尾气处理设备、危废暂存及药剂间、污染建筑垃圾冲洗区（第二阶段）、1#建筑垃圾冲洗后堆放区（第二阶段）、2#建筑垃圾冲洗后堆放区（第二阶段）、1#疑似污染土堆场、道路、汽车衡、洗车区、水处理设备、2#暂存池、3#暂存池区域未因修复工程的施工而造成污染。

综上，潜在二次污染区均验收合格。

8.6. 水泥窑协同处置效果评估

本项目污染土外运处置前，评估单位对相关资料进行审核，地块污染土壤外运前完成了污染土壤危险特性鉴别和生态环境主管部门报备，接收处置的水泥厂符合相关法律法规要求，具备对本项目污染土壤的收纳和处置能力。水泥窑生产单位对水泥熟料进行定期监测，结果显示熟料产品重金属含量及浸出浓度均低于标准限值，表明本项目所有协同处置污染土壤已得到有效处置。

修复单位自 2024 年 8 月 22 日到 2024 年 12 月 30 日，累计外运至水泥厂协同处置筛下污染土壤重量为 64220.96t，包含第一、二阶段工程量。截至 2025 年 1 月 9 日，外

运污染土壤均已完成处置。

根据检测结果分析，地块内污染土壤外运进行水泥窑协同处置后，生产出的水泥熟料中的污染物含量及其浸出浓度均达到评估标准，最终出厂水泥质量符合出场要求。

综上所述，修复单位已按照相关导则、规范要求完成污染基坑清挖，清挖效果满足《风险评估报告》、《修复方案》以及相关导则、技术规范要求。疑似污染土污染物含量均低于相应修复目标值，疑似污染土全部验收合格。建筑垃圾及筛上物所有样品的污染物含量均低于修复目标，建筑垃圾及筛上物全部验收合格。水泥窑生产单位对水泥熟料进行定期监测，结果显示熟料产品重金属含量及浸出浓度均低于标准限值，表明本项目所有送窑污染土壤已得到有效处置。潜在二次污染区检测结果显示，相关潜在二次污染区域内的污染物检测结果均低于修复目标值，第一阶段潜在二次污染区部分点位一次扩挖后检测结果均低于修复目标值。表明本地块修复过程中未对相关区域土壤造成明显二次污染。

8.7. 危险废物清理效果评估

《对中区地块 5 个危废存在区域进行采样检测，共采集 36 个样品，用毒性物质含量三碘化砷（以砷含量折算）、碘化汞（以汞含量折算）、石油溶剂、次硫化镍（以镍含量折算）、磷酸铅（以铅含量折算）、氟化锌（以氟化物含量折算）、石油溶剂的结果进行评价。结果显示，均未超出相应标准限值。同时利用《鉴别报告》中其他未检测物质最大毒性物质含量总计去计算累计毒性物质含量，结果均合格。2024 年 12 月 16 日，在项目部召开了“中区地块污染土壤（危险废物）基坑清挖效评评估”专家评审会，经专家评定：中区地块污染土壤（危险废物）已按鉴别报告确定范围完成清挖处置，污染土壤（危险废物）基坑清挖到位。

8.8. 第二阶段效果评估小结

8.8.1. 修复工程实施情况审核结论

第二阶段修复工程量如下：

①修复单位实际清挖污染土壤总量为 40585.6m^3 ，其中水泥窑工艺污染土壤量为 25491.4m^3 （已剔除污染土壤（危险废物） 91.1m^3 ）、热脱附工艺污染土壤量为 11853.6m^3 、

先热脱附再水泥窑工艺污染土壤方量为 3236.3m^3 (已剔除污染土壤(危险废物) 4.3m^3);

②实际清挖非污染土壤：夹层净土（一类）堆体测量方量共计 1446m^3 （虚方）、夹层净土（二类）堆体测量方量共计 832m^3 （虚方）、疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 1876m^3 （虚方）、疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 3292m^3 （虚方）、疑似污染土（热脱附+水泥窑，一类）堆体测量方量共计 4461m^3 （虚方）、扩挖疑似污染土（水泥窑，一类）堆体测量方量共计 41m^3 （虚方）、扩挖疑似污染土（热脱附，一类）堆体测量方量共计 34m^3 （虚方）、疑似污染土（水泥窑，二类）堆体测量方量共计 366m^3 （虚方）、环境管理土-疑似污染土（水泥窑）堆体测量方量共计 335m^3 （虚方）、环境管理土堆体测量方量共计 1207m^3 （虚方）、环境管理土-夹层疑似污染土（热脱附+水泥窑）堆体测量方量共计 309m^3 （虚方）。

③冲洗筛上物共计 11409m^3 (虚方)，其中清挖区域硬化地面破碎后筛上物 3367.2m^3 。

④收集处置废水共 6260m^3 ，其中洗车废水 478m^3 、筛上物冲洗废水 4111m^3 、基坑废水 1710m^3 ，处置合格后均用于污染建筑垃圾冲洗处理及喷淋抑尘。

⑤采用水泥窑协同处置技术修复的污染土壤实际修复工程量共计 43621.4m^3 （以基坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）。采用先热脱附修复后外运水泥窑协同处置技术的污染土壤实际修复工程量共计 3527.8m^3 （以基坑开挖量计，包含基坑扩挖修复工程量）。外运水泥窑协同处置实际总方量为 47149.2m^3 。外运协同处置重金属污染土共计 64220.96t ，其中水泥窑工艺污染土壤外运 59661.96t 、先热脱附再水泥窑工艺污染土壤外运 4559.0t 。截至 2025 年 1 月 9 日，外运污染土壤均已完成处置。

经审核，修复工程确定的土壤目标污染物、修复范围、修复目标，以及采用的修复技术等，与地块调查报告、风险评估报告及修复方案和相关行政文件等相符合，可作修复效果评估依据。

8.8.2. 污染防治效果评估结论

项目组通过对修复过程施工记录、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。

环境监理单位委托第三方环境检测机构对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。

根据环境检测数据分析，修复过程未对周围环境造成不良影响，未收到任何环境污染投诉，无环境风险事故。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。

8.8.3. 第二阶段修复效果评估结论

第二阶段修复工程内容为根据风险评估报告和修复方案划定的污染范围对 9 个基坑进行了清挖，共形成了 36 个修复面层。

修复工程根据风险评估报告及修复方案划定范围的坐标拐点，对地块相关污染区域的土壤按各层污染深度进行分批清挖。基坑清挖拐点坐标与高程基本与《风险评估报告》《修复方案》中相应的拐点与高程一致，清挖测量范围基本与《风险评估报告》《修复方案》中的修复范围一致。清挖范围评估为合格，表明了地块相关污染土壤已按预定要求进行清挖治理。

清挖出的有机污染土壤、汞污染土壤和汞+有机复合污染土壤采取异位热脱附技术修复，已全部修复完毕。异位修复工程量评估为合格，表明了地块热脱附工艺修复污染土壤已全部得到治理修复；热脱附修复后需进行水泥窑协同处置的污染土壤已全部外运至水泥厂，进行水泥窑协同处置。

综上所述，效果评估范围内的污染区域的清挖和修复范围以及修复工程量达到了修复方案的预期目标。

第9章 结论与建议

9.1. 效果评估结论

佛山照明禅城总部厂区中区地块位于佛山市禅城区汾江北路 64 号，占地面积 75,666.84m²。本场地按土地性质可分为地块一、地块二和地块三，地块二规划用地性质为第一类用地，地块一、地块三规划用地性质属第二类用地。土地使用权人佛山电器照明股份有限公司相继委托相关单位完成了土壤污染状况调查、风险评估、修复方案、监理方案等技术工作及相关文件的备案工作。

根据《修复方案》，本工程对于汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）以及汞+石油烃（C₁₀-C₄₀）污染的土壤，采用异地间接热脱附修复技术进行处理；对于重金属污染的土壤、氟化物污染的土壤，以及重金属（除汞外）+氟化物污染的土壤，采用异位水泥窑协同处置技术进行修复与处置。对于重金属（除汞外）+汞、重金属+有机物，以及重金属+有机物+氟化物污染的土壤，先采用异地间接热脱附修复技术处理至合格后，再进行水泥窑协同处置。

9.1.1. 阶段性效果评估结论

2024 年 10 月 31 日，佛山市生态环境局主持召开了《佛山照明禅城总部厂区中区地块土壤污染修复第一阶段效果评估报告》专家评审会。经过质询与讨论，本项目第一阶段 2#-7#基坑的清挖效果、2#-7#整个基坑和 12A#基坑中（S4）清挖相应的疑似污染土和筛上物效果评估通过了专家评审。

第一阶段具体工程量为清挖污染土总方量 20889.8 m³，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土 20219.3 m³，需要扩挖修复污染土壤工程量为 670.5m³。

疑似污染土总方量 2022 m³（虚方），其中夹层疑似污染土（热脱附一类）184 m³（虚方），夹层疑似污染土（水泥窑一类）1838 m³（虚方）。

筛上物堆体总方量 7865 m³（虚方），其中一类建筑垃圾 7208 m³（虚方），二类建筑垃圾 657 m³（虚方）。

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。

2024年8月~2024年9月，效果评估单开展了基坑样品采集工作，同时根据施工进度采集了疑似污染土、筛上物（含建渣）、清洁土以及二次污染区域第一次采集的土壤样品，采集坑底土壤样品74个（含二次清挖复检土壤样品）、侧壁样品98个（含二次清挖复检土壤样品）、筛上物（含建渣）样品17个、疑似污染土样品15个，样品中的目标污染物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。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。

9.1.2. 本阶段效果评估结论

经文件审核，结合现场核查：

（1）本修复工程前期的《风险评估》以及《修复方案》均按照环境保护管理要求完成备案手续，修复工程各相关技术资料与附件基本完整、内容总体详实。修复过程中不涉及重大变更，对其他施工变更，修复单位在经环境监理单位、土地使用权人确认后及时完成了相关工程变更手续。

（2）第二阶段工程完成了：

①1#、8#、9#、10#、11#及12#基坑的清挖（不含12#的S4），污染土壤总量为40585.6m³，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土39342.5m³，污染土壤（危险废物）95.4m³，基坑扩挖修复污染土壤1147.7m³。

单独水泥窑污染土壤方量共计25400.3m³，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土24891.6m³，基坑扩挖修复污染土壤508.7m³。

单独热脱附污染土壤方量共计11853.6m³，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土11214.6m³，基坑扩挖修复污染土壤639m³。

热脱附合格后外运水泥窑污染土壤方量共计3236.3m³，均按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖。

②实际清挖疑似污染土壤总量为10714m³，其中疑似污染土（热脱附一类）1876m³（虚方），疑似污染土（水泥窑一类）3292m³（虚方），疑似污染土（热脱附+水泥窑一类）4461m³（虚方），扩挖疑似污染土（水泥窑一类）41m³（虚方），扩挖疑似污染

土（热脱附一类） 34m^3 （虚方），疑似污染土（水泥窑二类） 366m^3 （虚方），环境管理土-疑似污染土（水泥窑） 335m^3 （虚方），环境管理土-疑似污染土（热脱附+水泥窑） 309m^3 （虚方）。

③实际清挖环境管理土总量为 1851 m^3 ，其中环境管理土-疑似污染土（水泥窑） 335m^3 （虚方），环境管理土 1207m^3 （虚方），环境管理土-疑似污染土（热脱附+水泥窑） 309m^3 （虚方）。

疑似污染土和环境管理土清挖量合计为 11921 m^3 （虚方）。

④冲洗后经检验合格的筛上物合计 15525.09 m^3 （虚方），其中中区 11409m^3 （虚方），北区 4116.09 m^3 （虚方），均用于地块内回填。

⑤水泥窑协同处置共计 47149.2 m^3 （64220.96 吨），其中水泥窑单独处置 43621.4 m^3 （59661.96 吨），热脱附合格后外运水泥窑处置 3527.8 m^3 （4559.0 吨）。

⑥异位热脱附修复土方量共计 16415.64m^3 （虚方），其中热脱附修复处置工艺污染土壤 13176.12m^3 （虚方），先热脱附再水泥窑修复处置工艺污染土壤 3527.8 m^3 （虚方）。

⑦合计共收集处置废水 11170 m^3 ，其中洗车废水 711 m^3 ，建筑垃圾冲洗废水 6430 m^3 ，基坑+集水井雨污水 4029 m^3 。2024 年 8 月 13~2024 年 12 月 17，共计进行 34 批次回用水监测，监测结果均显示合格，修复单位将合格回用水全部回用于道路及预处理车间喷淋抑尘和污染建筑垃圾冲洗。

（3）施工、监理记录显示异位热脱附修复合格的有机污染土壤已回填，热脱附修复合格的复合污染土并入重金属污染土外运至水泥窑协同处置。疑似污染土、修复后土壤和筛上物经验收合格后，已回填至地块内基坑。

2024 年 9 月至 2024 年 12 月，2025 年 2 月 17 日及 2 月 20 日，效果评估单位开展了基坑样品采集工作，同时根据施工总体进度采集了疑似污染土、筛上物（含建渣）、清洁土以及二次污染区域的土壤样品。根据效评检测结果，坑底土壤样品 181 个（含二次清挖复检土壤样品）、侧壁样品 274 个（含二次清挖复检土壤样品）、筛上物（含建渣）样品 36 个、疑似污染土及环境管理土样品 51 个、第一阶段潜在二次污染区（建筑垃圾冲洗后堆存区和建筑垃圾冲洗区）样品 15 个、热脱附修复后土壤样品 46 个、第二阶段潜在二次污染区样品 55 个，样品中的污染物含量均低于修复目标值要求。红线范围内第二阶段基坑的污染土壤已全部清挖完成。筛上物、建渣、修复后土壤和疑似污染

土壤样品中目标污染物含量均低于修复目标值。因此，地块第二阶段效果评估对象的检测值均满足相应效果评估标准。

经审核，工程确定的土壤目标污染物、修复范围、修复目标以及采用的修复技术等，相关工程内容及二次污染防治措施能满足《风险评估》和《修复方案》的要求，与地块《风险评估》及《修复方案》和相关行政文件等相符合，可作为修复效果评估依据。

9.1.3. 效果评估总体结论

本工程于 2024 年 8 月 21 日起开始修复的主体工作，至 2025 年 1 月 10 日基本完工。重金属污染土壤的外运工作从 2024 年 8 月 22 日起，至 12 月 30 日完成外运，于 2025 年 1 月 9 日完成外运土壤的处置工作。在修复过程中同步开展了环境监理工作。

本项目两个阶段共完成了：

①共 12 个基坑的清挖，**污染土壤总量为 61475.4m³**，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土 59561.8m³，污染土壤（危险废物）95.4m³，基坑扩挖修复污染土壤 1818.2 m³。

单独水泥窑污染土壤方量共计 43621.4 m³，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土 42442.2 m³，基坑扩挖修复污染土壤 1179.2 m³。

单独热脱附污染土壤方量共计 14230.8 m³，其中按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖污染土 13591.8 m³，基坑扩挖修复污染土壤 639 m³。

热脱附合格后外运水泥窑污染土壤方量共计 3527.8 m³，均按照《风险评估》和《修复方案》的修复范围清挖。

②实际清挖**疑似污染土壤总量为 12736m³**，其中疑似污染土（热脱附一类）2060m³（虚方），疑似污染土（水泥窑一类）5130m³（虚方），疑似污染土（热脱附+水泥窑一类）4461m³（虚方），扩挖疑似污染土（水泥窑一类）41m³（虚方），扩挖疑似污染土（热脱附一类）34m³（虚方），疑似污染土（水泥窑二类）366m³（虚方），环境管理土-疑似污染土（水泥窑）335m³（虚方），环境管理土-疑似污染土（热脱附+水泥窑）309m³（虚方）。

③实际清挖**环境管理土总量为 1851 m³**，其中环境管理土-疑似污染土（水泥窑）335m³（虚方），环境管理土 1207m³（虚方），环境管理土-疑似污染土（热脱附+水泥

窑) 309m³ (虚方)。

部分疑似污染土位于环境管理土区域, 疑似污染土和环境管理土清挖量合计为 13943m³ (虚方)。

④冲洗后经检验合格的筛上物合计 23390.09 m³ (虚方), 其中中区 19274 m³ (虚方), 北区 4116.09 m³ (虚方), 均用于地块内回填。

⑤水泥窑协同处置共计 47149.2 m³ (64220.96 吨), 其中水泥窑单独处置 43621.4 m³ (59661.96 吨), 热脱附合格后外运水泥窑处置 3527.8 m³ (4559.0 吨)。

⑥异位热脱附修复土方量共计 16415.64m³ (虚方), 其中热脱附修复处置工艺污染土壤 13176.12m³ (虚方), 先热脱附再水泥窑修复处置工艺污染土壤 3527.8 m³ (虚方)。

⑦合计共收集处置废水 11170 m³, 其中洗车废水 711 m³, 建筑垃圾冲洗废水 6430 m³, 基坑+集水井雨污水 4029 m³。2024 年 8 月 13~2024 年 12 月 17, 共计进行 34 批次回用水监测, 监测结果均显示合格, 修复单位将合格回用水全部回用于道路及预处理车间喷淋抑尘和污染建筑垃圾冲洗。

第一阶段及第二阶段的风险评估、修复方案与实际工程量一致性对比, 修复实际执行情况与修复方案对比详见下表。

(3) 施工、监理记录显示异位热脱附修复合格的有机污染土壤已回填, 热脱附修复合格的复合污染土已并入重金属污染土外运至水泥窑协同处置。疑似污染土、修复后土壤和筛上物已完成效果评估验收, 效果评估报告通过评审后已回填至地块内基坑。

通过文件审核及采样检测结果判断, 该项目总体施工符合《风险评估报告》和《修复方案》等文件的要求。本地块基坑污染土壤清挖效果监测最终全部达标, 污染土壤已全部完成清挖; 冲洗后的筛上物 (建筑垃圾和疑似污染土) 均监测达标; 已完成所有需进行异地热脱附修复和水泥窑协同处置的污染物土壤的修复工作, 其中修复后的复合污染土已与地块重金属污染土一并外运至水泥厂进行协同处置。截至 2025 年 1 月 9 日, 各个水泥窑处置公司已完成本项目所有外运至水泥窑的污染土壤的处置工作。

综上所述, 本项目修复范围、修复方量、修复工艺等与《风险评估报告》和《修复方案》基本一致, 本地块土壤污染修复项目已完成《风险评估报告》和《修复方案》预定的修复任务, 修复后达到了土壤污染风险评估报告确定的修复目标, 地块后续按地块

规划进行开发建设的人体健康风险可接受,可移出广东省建设用地土壤污染风险管控和修复名录。后续地块开发需注意红线阻隔措施和风险管控区域,任何单位与个人禁止开发利用地块内地下水。

9.2. 后期环境管理建议

在修复效果评估完成后,地块土地使用权人应严格按照本报告及国家相关规定,落实地块后期环境管理措施,保障地块环境安全。

1. 在后续的开发过程中,环境管理土应严格管控,做好范围记录和标识,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。不得将环境管理土壤和第二类用地土壤转运至其他第一类用地区域,如场地开发确实需要对其进行清挖,则清挖出来的环境管理土需要进行单独堆存并进行防渗,在无法回填场地内的情况下需要按照相关法律法规和条例规范的要求委托有资质的单位进行处置。在地块管理权交给下一位权属人或使用时,向其交接相关资料和环境管理要求。

2. 在后续的开发过程中,全场区做了阻隔的红线区域应严格管控,做好范围记录和标识,避免在开发利用的过程中对阻隔措施产生破坏,若发现阻隔措施出现破损,应及时进行修复或补救,避免本地块被二次污染。

3. 地块内地下水不可进行开发。一旦发现土壤或地下水等存在异常情况,应立即停止相关作业,采取有效措施确保环境安全,并及时报告生态环境主管部门。