

中山市东区起湾北道 142 号之五地块
土壤污染修复项目

效果评估报告
(公示版)

委托单位：中山市中垣物业拓展有限公司

效果评估单位：生态环境部华南环境科学研究所

广州浩瀚海洋科技有限公司

2026 年 9 月

摘要

- 项目名称：中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复效果评估
- 委托单位：中山市中垣物业拓展有限公司
- 调查单位：中山市环境保护技术中心
- 第 1 次和第 2 次风险评估单位：中山市环境保护技术中心
- 第 3 次风险评估单位：中山市环境保护科学研究所有限公司、广东省环境科学研究院
- 异味调查单位：生态环境部环境规划院
- 第一阶段（含补充修复）施工单位：北京建工环境修复股份有限公司（以下简称“北建工”）
- 第二阶段施工单位：中山公用工程有限公司、广东广业禹航环境科技有限公司（以下简称“中山公用/广业禹航”）
- 第三阶段施工单位：中山翠亨市政工程有限公司（以下简称“翠亨市政”）
- 第一阶段及 2 次补充修复阶段工程监理：深圳锦洲工程管理有限公司
- 第二阶段工程监理：东信工程管理有限公司
- 第三阶段工程监理：广东律诚工程咨询有限公司
- 环境监理：广东省环境科学研究院
- 修复效果评估单位：生态环境部华南环境科学研究所、广州浩瀚海洋科技有限公司
- 未来规划：公园绿地（G1，不涉及 G1 类中的社区公园和儿童公园用地）和城市道路用地（S1）
- 各阶段修复工程量、污染因子及修复工艺：
 - 第一阶段施工：总体修复范围面积为 5536.17 m²，污染方量为 37125.93 m³，最大污染深度为 15.5m，具体污染物为乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯共 7 种；采用原位热脱附、原位化学氧化工艺。
 - 第二阶段施工：总体修复范围面积为 98.08 m²，污染方量为 2344.38 m³，具体污染物为 1,2-二氯乙烷、苯；采用原位化学氧化工艺。
 - 第 1 次补充修复施工：总体修复范围面积为 1592.97 m²，污染方量为 12743.76m³，最大污染深度为 9.8 m，具体污染物为苯、1,2-二氯乙烷和氯乙烯；

采用原位化学氧化工艺。

第2次补充修复施工：总体修复范围面积为2715.87 m²，污染土方量为22312.55 m³，最大污染深度为19.0m，具体污染物为1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、氯仿；采用原位化学氧化工艺。

第三阶段施工：土壤异味治理面积8596.08 m²，异味物质因子为土壤中1,2-二氯苯、氯仿、2,4-二氯苯酚3种异味物质；采用水平阻隔工艺。

效果评估情况：

（1）第1次效果评估采样检测结果（针对第一阶段、第二阶段施工）

2023年7月13日-7月30日，针对第一阶段、第二阶段修复区域开展验收采样，最终于原位修复区内部、边界及周边可能扩散区合计布设点位87个、采集样品466件，共4个点8件样品出现超标。超标因子包括氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷，最高超标20.18倍（氯乙烯）。

（2）第2次效果评估采样检测结果（针对第1次补充修复施工）

2023年9月23日-2023年9月25日，针对2023年7月13日-7月30日期间采样发现超标区进行补充修复后采样，共布设22个点，采集200件样品，各受检指标均已满足修复标准。

（3）第3次效果评估采样检测结果（针对第2次补充修复施工）

2025年8月4日-24日，针对异味专项调查发现超标区进行补充修复后布设41个点位，采集样品332件，各项指标均已满足修复标准。

（4）第4次效果评估采样检测结果（针对第三阶段施工）

1）水平阻隔工程性能。土工布、HDPE土工膜均完成材料性能指标检测，材料性能满足相关标准要求；HDPE土工膜焊接完成后开展整体电火花完整性检测，检测结果符合《污染地块原位阻隔技术标准》（T/SEDTA 006—2026）、《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准》（GB/T 51403-2021）要求，未检出泄漏破损点；粘土回填压实度满足设计不小于87%控制指标。

2）水平阻隔客土。2026年6月6日采集水平阻隔用客土27件，各样品受检指标均满足GB36600一类用地筛选值标准。

3）土壤气。2026年5月、2026年8月—2026年9月，于异味治理区施工前后布设土壤气3口，施工前采样1次、施工后采样2次，检测结果表明施工前

后土壤气检出浓度均低于评估标准限值，且施工后检出浓度总体低于施工前。

4) 环境空气。2026 年 5 月-2026 年 8 月，对五、六七地块整体环境空气质量进行采样监测，施工前、中、后期各开展 1 次，3 次环境空气采样共计 19 个空气样品检测结果均满足评价标准。

5) 嗅辨评估。2026 年 5 月-2026 年 9 月，对五、六七地块整体进行嗅辨评估，施工前、中期各开展 1 次，施工后开展 2 次，4 次嗅辨共计 46 个嗅辨点评估结果表明臭气强度最高等级从第 1 次采样的 2 级已降至第 4 次采样的 0 级，异味治理效果较明显。

(5) 潜在二次污染区采样检测结果

2023 年 7 月 29 日-2023 年 7 月 30 日，对潜在二次污染区布点 35 个，采集表层样品 35 件；2026 年 8 月 24 日，再次布点 8 个，采集表层样 8 件，均满足风评修复目标。

1.1. 项目背景

本项目场地为中山市东区起湾北道 142 号之五地块，地积约为 28601 m²，位于濠江西路以北，中山市东区蝴蝶桥社区体育公园以南，起湾道西侧，长江北路东侧。本项目地块原始所属企业为凯中公司，1993 年至 2019 年在该地块的部分区域从事农药、日用化学品、气雾剂等产品的生产经营活动，在长期生产过程中造成地块内土壤和地下水的严重污染，在土地未来开发利用过程中将对居住人群产生健康风险。

（1）场地调查和第 1 次风险评估

2019 年 1 月，中山市中垣物业拓展有限公司委托中山市环境保护技术中心对本地块开展环境调查和风险评估工作。2021 年 2 月，中山市环境保护技术中心完成场地调查工作，《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染状况调查报告》经专家评审后于 2021 年 2 月 3 日完成备案工作。在此工作基础上，风险评估单位针对目标地块开展风险评估工作，《中山市东区起湾北道 142 号之五地块风险评估报告》（以下简称“《风险评估报告》（2021 年版）”）经专家评审后于 2021 年 5 月 31 日完成了省级主管部门备案工作。

（2）第一阶段施工

2021 年 5 月，中山市中垣物业拓展有限公司委托确定由北京建工环境修复股份有限公司（以下简称“北京建工”）中标该项目。北京建工在收到中标通知书后立即组织项目团队进场开展修复施工工作，并于 2021 年 12 月完成第一阶段施工工作。

（3）第 2 次风险评估

2022 年 1 月，由于目标地块原土壤污染风险评估报告中确定的相关风险参数发生变化。按照相关要求，该地块重新提交的《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染风险评估报告》（以下简称“《风险评估报告》（2022 年版）”）经专家评审后，并于同年 4 月 20 日完成省级备案。

（4）第二阶段施工

根据《风险评估报告》（2021 年版）和《风险评估报告》（2022 年版）对比得知，本地块新增 2344.38m³ 污染土壤需要修复。2023 年 3 月，建设单位委托中山公用工程有限公司与广东广业禹航环境科技有限公司针对新增 2344.38m³ 污

染土壤开展施工修复，并于 2023 年 6 月完成第二阶段修复工作。

(5) 第 1 次效果评估采样验收

2023 年 7 月，生态环境部华南环境科学研究所和广州浩瀚海洋科技有限公司作为效果评估单位开展本项目的效果评估工作。对比评价标准，本次采样验收中共出现 4 个点 8 件样品超标，通过无污染点位连线法确认本地块仍存在 12743.76 m³ 污染土壤需要开展补充修复。

(6) 第 1 次补充修复施工

2023 年 8 月，建设单位委托北京建工开展第 1 次补充修复工作，北京建工采用原位化学氧化技术对 12743.76 m³ 污染土壤开展修复，并于 2023 年 9 月完成第 1 次补充修复工作。

(7) 第 2 次效果评估采样验收

2023 年 9 月，效果评估单位针对第 1 次补充修复施工中的 12743.76 m³ 污染土壤开展效果采样验收。检测结果表明，污染土壤经第 1 次补充修复施工后已达到修复目标。

(8) 第 1 次效果评估专家评审会

2023 年 11 月 30 日，广东省固体废物和化学品环境中心组织召开本地块效果评估专家评审会，因异味修复效果不明确，未通过省厅组织的专家评审。

(9) 异味调查

2024 年 10 月，为推动项目的整体进展和异味修复工作，建设单位委托生态环境部环境规划院对本地块开展土壤异味调查。生态环境部环境规划院编制的《异味调查报告》于 2025 年 3 月通过了专家评审及复核等工作。

《异味调查报告》表明：（1）本地块仍存在一定的健康风险，超标点位及范围主要位于前期《风险评估报告》确定的土壤修复区域边缘，污染面积为 2713.75 m²，污染方量为 22312.55 m³。（2）本地块存在异味问题，异味超标面积为 6799.81 m²，总方量为 49015.57 m³。

(10) 第 2 次补充修复施工

2025 年 6 月，针对《异味调查报告》中具有健康风险的污染土壤量为 22312.55 m³，建设单位委托北京建工开展第 2 次补充修复，北京建工采用原位化学氧化技术开展修复，并于 2025 年 6 月 30 日完成第 2 次补充修复工作。

(11) 第 3 次效果评估采样验收

2025 年 7 月，效果评估单位针对第 2 次补充修复施工中的 22312.55 m³ 污染土壤开展效果采样验收。检测结果表明，本地块污染土壤经第 2 次补充修复施工后已达到修复目标。

(12) 未来规划变更

2025 年 11 月 20 日，中山市人民政府已将地块规划调整为公园绿地（G，不涉及 G1 中的社区公园和儿童公园用地）和城市道路用地（S1）。地块所属用地类型未改变，仍属于《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》（GB36600）规定的第二类用地。

(13) 第 3 次风险评估

2025 年 10 月，建设单位委托中山市环境保护科学研究院有限公司、广东省环境科学研究院开展第 3 次风险评估工作。2026 年 3 月 4 日，风险评估单位编制的《中山市东区起湾北道 142 号之五地块补充土壤污染风险评估报告（基于规划调整和异味调查结果）》（以下简称“《补充风险评估报告》”）经专家评审及复核后完成省级主管部门备案工作。值得注意的是，《补充风险评估报告》是《风险评估报告》（2022 年版）的补充。

(14) 第三阶段施工

鉴于地块土壤存在 1,2-二氯苯、氯仿、2,4-二氯苯酚检出浓度均超过其在土壤中的异味物质控制值，为确保地块环境安全与未来开发使用的可持续性，建设单位计划开展第三阶段施工。

2026 年 3 月，建设单位委托中山翠亨市政工程有限公司开展第三阶段施工工作。2026 年 4 月，施工单位编制的《土壤异味治理修复方案》经过专家评审后完成备案工作。施工单位采用水平阻隔技术开展施工，并于 2026 年 6 月完成施工工作。

(15) 第 4 次效果评估采样验收

2026 年 5-9 月，效果评估单位在本地块第三阶段施工前后开展效果评估工作。针对第三阶段的客土、环境空气、土壤气等进行采样验收，检测结果表明外来客土、环境空气、土壤气满足评价标准，异味情况有效改善。

效果评估单位综合历次采样分析结果、施工总结报告、监理总结报告及项目

实施过程掌握的相关信息，编写完成了《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目效果评估报告》并申请对本报告开展专家评审工作。

1.2. 项目基本情况

(1) 初调、详调情况

调查单位于 2019 年 5 月启动对五地块的第一阶段调查工作，2019 年 11 月启动第二阶段土壤污染状况初步调查，2020 年 4 月启动土壤污染状况详细调查，调查结果显示目标地块的土壤样品中共有 8 项指标的检测浓度超过对应的筛选值，分别为乙苯、氯乙烯、苯、氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、1,2-二氯乙烷和氯仿，其中 1,2-二氯苯的检测浓度超过其管制值。地下水中共有 9 项指标的检测浓度超过对应的筛选值，分别为氯仿、二氯甲烷、甲苯、氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、1,2-二氯乙烷和总石油烃。

(2) 第一次风险评估

第一版风评于 2021 年 5 月完成主管部门备案。2021 年版风险评估结果显示：1) 土壤中共 6 种污染物需开展修复，其中氯乙烯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、氯仿、乙苯共 5 种污染物的致癌风险超过可接受水平，1,2-二氯苯的检测浓度超过其管制值，其人体健康风险不可接受。土壤中的污染物的非致癌风险均未超过可接受水平。2) 地下水中污染物的危害商和致癌风险均未超过可接受水平。

基于第二类用地方式，目标地块土壤总修复面积为 5536.17m²，总修复土方量为 37125.93m³，修复深度在 0-15.5m。

表 1.2-1 第一次风评关注污染物及修复目标值 (mg/kg)

序号	污染物	修复目标值
1	乙苯	49.5
2	氯乙烯	0.761
3	1,2-二氯乙烷	15.6
4	氯仿	1.71
5	1,4-二氯苯	37.3
6	1,2-二氯苯	560

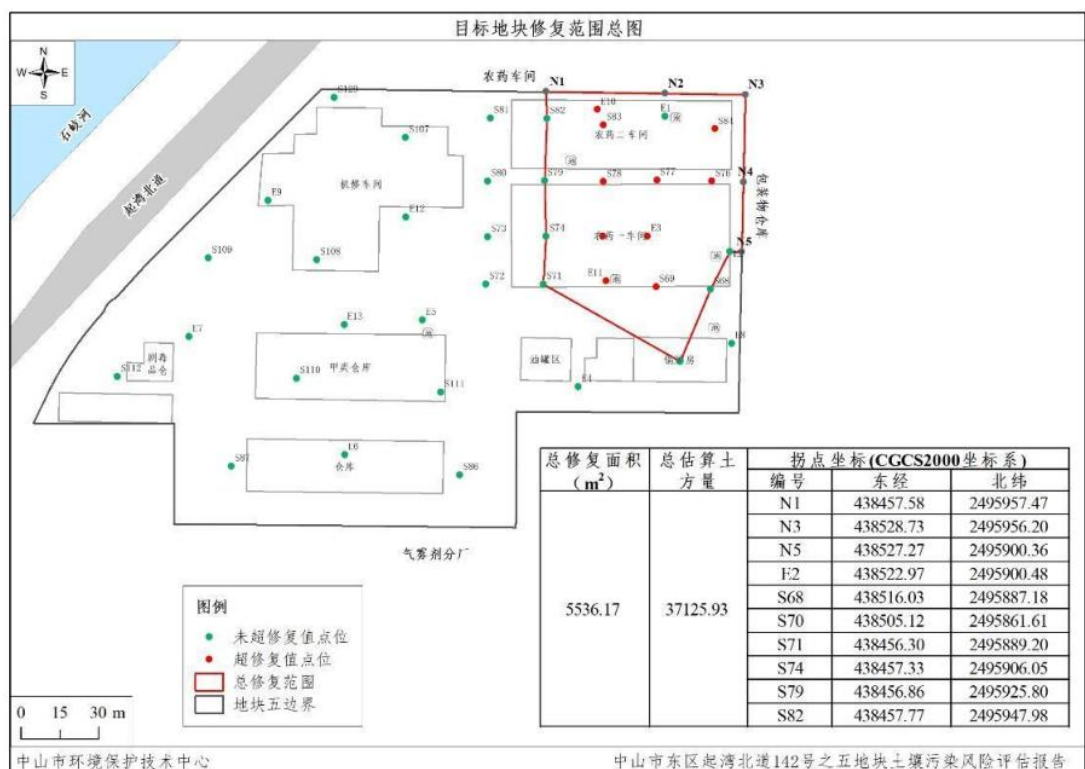


图 1.2-1 总体污染范围图

(3) 第二次风险评估结果

2022 年 4 月，因风评参数调整致修复目标及修复范围出现变更，风评单位重新编制相应风评报告及备案。同时，新版风评补充了非水有机相液体识别及恶臭物质调查评估内容。

针对关注污染物和修复方量，新版风险评估结果显示：1）土壤中共 7 种污染物需修复，其中苯、氯乙烯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、氯仿、乙苯共 6 种污染物的致癌风险超过可接受水平，1,2-二氯苯的检测浓度超过其管制值，其人体健康风险不可接受。土壤中的污染物的非致癌风险均未超过可接受水平。2）地下水中污染物的危害商和致癌风险均未超过可接受水平。

地块内污染区土壤超过修复目标值的合计土方量为 39475.35m³，污染面积为 5634.25m²，修复深度在 0-15.5m。对比 2021 年备案版资料，五地块新增土壤修复量约 2349.42m³、新增污染指标苯；其他关注污染物修复目标值变化情况如下表所示。

表 1.2-2 五地块土壤修复目标值前后变化情况 (mg/kg)

序号	污染物	2021 年版风评修复目标值	2022 年版风评修复目标值	变化情况
1	乙苯	49.5	49.55	无变化

序号	污染物	2021 年版风评修复目标值	2022 年版风评修复目标值	变化情况
2	氯乙烯	0.761	0.76	无变化
3	1,2-二氯乙烷	15.6	5	降低
4	氯仿	1.71	1.71	无变化
5	1,4-二氯苯	37.3	37.26	无变化
6	1,2-二氯苯	560	560	无变化
7	苯	/	6.94	新增

(4) 异味调查评估结果 (2025 年 3 月)

本地块第一阶段和第二阶段调查共布设 39 个土壤点位，采集 514 个土壤样品，布设 21 个地下水点位，采集 27 个地下水样品，布设 12 个土壤气点位，采集 13 个土壤气样品，布设 24 个环境空气点位，采集 25 个环境空气样品。根据检测结果统计分析：

1) 异味污染状况：土壤中 1,2-二氯苯、氯仿、2,4-二氯苯酚等 3 项指标浓度超出异味控制限值（分别为 159.59mg/kg、147.91mg/kg、0.26mg/kg），超标总面积为 6799.81m²，总方量为 49015.57m³。土壤气中二硫化碳、二氯甲烷、1,2-二氯苯等 3 项指标超出嗅阈值，超标点位在场地内较为均匀分布。环境空气中臭气浓度、氨、甲苯、1,2-二氯苯等 4 项指标浓度大于《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）排放限值或嗅阈值，超标点位主要位于前期《风险评估报告》确定的土壤修复区域。

2) 环境风险状况：土壤中 1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、氯仿等 3 项指标浓度超出前期《风险评估报告》确定的修复目标值（分别为 37.26mg/kg、560mg/kg、1.71mg/kg），超标点位及范围位于前期确定的修复范围边缘，超标总面积为 2713.75m²，总方量为 22312.55m³。

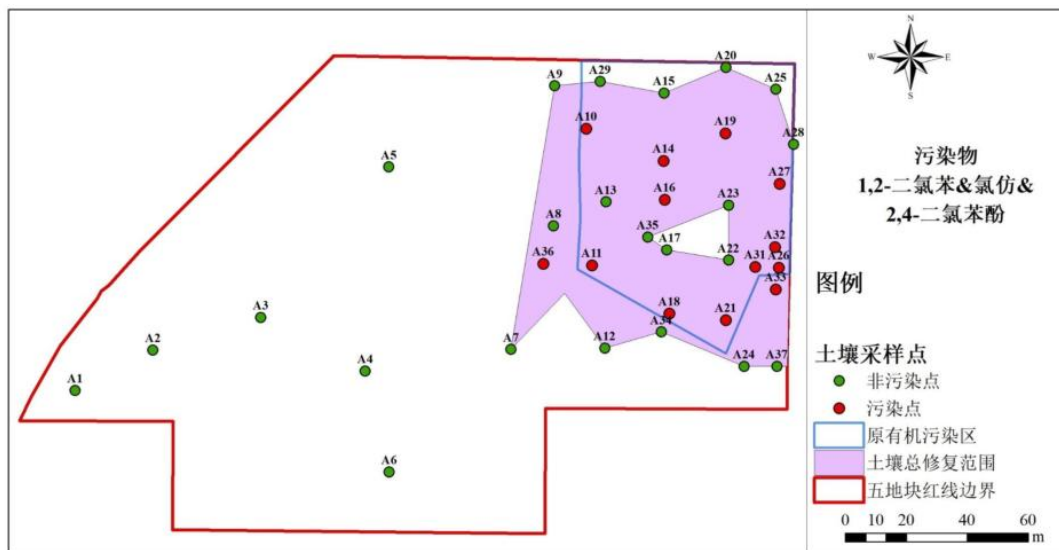


图 1.2-2 土壤异味污染范围

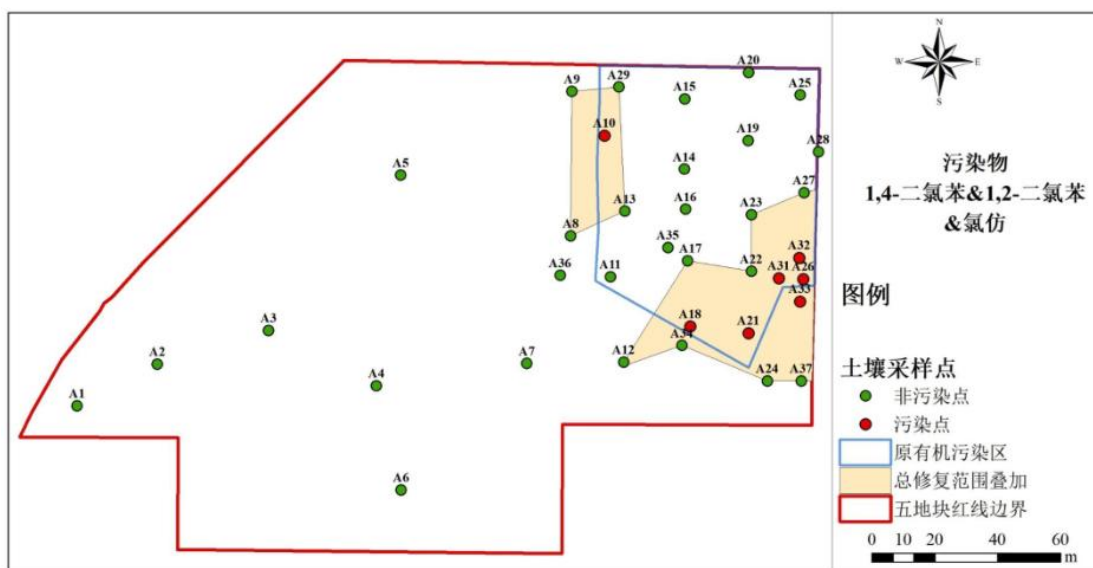


图 1.2-3 超修复目标值土壤污染范围

(5) 第 3 次风险评估（基于规划调整和异味调查结果）

1) 根据前期异味调查结果，土壤关注污染物为 1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、氯仿，地下水关注污染物为氯苯，1,2-二氯苯。根据风险表征结果，在公园绿地（G1）和城市道路用地（S1）方式下，地块的土壤关注污染物氯仿对人群的健康风险不可接受，1,2-二氯苯、1,4-二氯苯对人群的健康风险可接受，但 1,2-二氯苯最大值超过第二类用地管制值，应当采取风险管控/修复措施。地下水中氯苯、1,2-二氯苯对人群的健康风险可接受。

2) 为维护项目在不同阶段风险评估结果的延续性与逻辑一致性，并遵循修复过程中保守、审慎以及各项措施有效衔接的原则，经综合论证，本次补充风险

评估决定继续采用已备案风险评估报告中确定的 1,4-二氯苯、氯仿及 1,2-二氯苯修复目标值,对于本次补充风险表征结果显示风险可接受的污染物仍沿用已备案风险评估报告中对应的修复目标值进行修复。土壤中氯仿、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯的修复目标值分别为 1.71mg/kg、560 mg/kg 和 37.26 mg/kg;深 0.3-18.9m,总投影面积约为 2760.33 m²,土方量约为 20628.08 m³。鉴于目标地块存在异味风险,为避免开挖过程中异味物质扩散及二次污染,建议本地块污染土壤优先采用原位修复方式。

3) 根据异味调查结果以及本次补充风险评估分析,地块新增超一不超二土壤后期环境管理指标为 1,4-二氯苯、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、苯、氯仿、氯苯 7 项,管理深度为 0.8-14.9 m,总投影面积约为 2172.58 m²,土方量约为 9889.59 m³;超二不超修土壤后期环境管理指标为 1,4-二氯苯、二氯甲烷、氯仿 3 项,管理深度为 0.3-16.8 m,总投影面积约为 1228.47 m²,土方量约为 7364.51 m³。

4) 根据异味调查结果以及本次补充风险评估分析,地块新增地下水后期环境管理范围指标为氯苯和 1,2-二氯苯,总面积约为 11371.02 m²。

本地块超土壤异味物质控制值指标为 1,2-二氯苯、2,4-二氯苯酚和氯仿,深度为 0.3-18.9m,土壤异味物质控制范围总投影面积约 6868.51 m²,土方量约为 50162.12m³。土壤气中异味物质的控制目标分别为:1,2-二氯苯 0.131 mg/m³、氯仿 0.544 mg/m³、2,4-二氯苯酚 0.006 mg/m³;室外空气中异味物质的控制目标分别为:1,2-二氯苯 0.131 mg/m³、氯仿 0.356 mg/m³、2,4-二氯苯酚 0.006 mg/m³。

5) 根据异味调查结果,对地下水超筛选值指标(氯苯、甲苯及 1,2-二氯苯)进行地下水污染迁移模拟评估,在 10 年模拟期内,分析结果表明,三类污染物均未对敏感点石岐河及红线外居民区构成显著环境风险。具体而言,所有污染物均未运移至石岐河;甲苯未迁移出地块红线;而氯苯与 1,2-二氯苯则分别在第 3 年与第 5.5 年运抵红线附近(氯苯向南侧红线(邻近居民区)迁移,1,2-二氯苯向西北侧红线(邻近石岐河)迁移)。尽管二者均存在向界外迁移的可能性,但其模拟浓度始终低于《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) IV类标准限值。

1.3. 项目总体实施情况

(1) 第一阶段施工（北建工实施）

北建工于 2021 年 5 月 6 日中标五、六七地块修复施工项目，依据第一版备案风评报告（2021 年版）于 2021 年 6 月 1 日完成修复方案备案。

根据第一版修复方案，于 2021 年 6 月 29 日正式启动原位化学氧化区修复施工，2021 年 7 月 31 日完成施工；2021 年 8 月 20 日，开始对原位热脱附修复区进行抽水；2021 年 9 月 16 日，开始对原位热脱附修复区进行加热；2021 年 12 月 30 日，原位热脱附修复区停止加热。前期取样自检表明相应修复区域修复效果可达到 2022 年备案版风评要求。

(2) 第二阶段施工（中山公用/广业禹航实施）

针对 2022 年 4 月备案版风评新增的 2344.38m³ 污染土壤，业主另行委托中山公用/广业禹航开展修复施工工作，其在沿用 2022 年版修复方案基础上，基于新增修复区域具体情况，组织编制了相应施工组织设计文件，于 2023 年 6 月 14 日正式启动施工，6 月 30 日完成自验收工作。

(3) 第 1 次补充修复施工（北建工实施）。针对效果评估第一次验收采样超标区域开展第 1 次补充修复

2023 年 7 月 13 日~2023 年 7 月 31 日，效果评估单位对本地块土壤污染区域及潜在二次污染区域开展第一次效果评估采样，发现有 4 个点位共计 8 个样品超标，依据无污染点连线法划定补充修复区域面积 1592.97m²（其中五地块 1542.97m²、六七地块 50m²），北建工于 2023 年 9 月 1 日-9 月 15 日就超标区域开展了补充修复工作即第 1 次补充修复，并于 2023 年 9 月 22 日完成自验收。

(4) 第 2 次补充修复施工（北建工实施）。针对异味调查发现超标区开展第 2 次补充修复

2026 年 6 月，北建工针对《异味调查报告》中所发现污染区采用原位化学氧化技术进行补充修复，修复面积共 2715.87 m²，修复方量 22312.55m³。（其中 1640.29 m²、6609.16m³ 与原修复区重叠）。

(5) 第三阶段施工（翠亨市政实施）

2026 年 4 月-2026 年 6 月，翠亨市政针对补充风评（基于规划调整和异味调查结果，2026 年 2 月）划定区域开展异味治理修复，土壤异味治理面积 8596.08

m²，异味因子为土壤中 1,2-二氯苯、氯仿、2,4-二氯苯酚 3 种物质；采用水平阻隔工艺。

1.4. 编制目的

本地块历经多次风评及修复施工，截至 2026 年 7 月 31 日，现场已完成污染土壤全部修复、治理施工活动，区域内相关可能污染活动均已停止。《中华人民共和国土壤污染防治法》明确要求：“土壤污染责任人应当另行委托有关单位对风险管控效果、修复效果进行评估，并将效果评估报告报地方人民政府生态环境主管部门备案”，《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环保部令第 42 号）明确规定：“治理与修复工程完工后，土地使用权人应当委托第三方机构按照国家相关环境标准和技术规范，开展治理与修复效果评估，编制治理与修复效果评估报告”等。基于此，中山市中垣物业拓展有限公司特委托我方开展该地块修复效果评估工作。

针对历次修复、治理区域，效果评估单位已委托检测单位先后于对本项目已完成修复、治理区域及潜在二次污染区域进行了效果评估采样，整体监测结果表明已完成修复区域均达到修复目标要求，异味治理效果较显著，潜在二次污染区域未受明显污染影响。结合相关资料审核结果，说明本次效果评估对象中污染土壤修复效果及异味治理已达到风险评估和修复方案要求，潜在二次污染区域未受明显污染影响，具备开展整体效果评估的条件。因此，特申请对本地块效果评估内容即《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目效果评估报告》开展效果评估评审工作。

1.5. 编制内容

本次效果评估对象为五地块污染土修复、异味治理情况及潜在二次污染区域土壤受污染情况。包括与之相关的实施方案、工程实施内容、监理复核见证、质量管理及控制等内容。

1. 工作依据和程序

1.1. 法律法规与政策要求

- 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 8 月）；
- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月）；
- 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月）；
- 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月）；
- 《中华人民共和国突发事件应对法》（2007 年 11 月）；
- 《国家突发环境事件应急预案》（国办函[2014]119 号）；
- 《国家危险废物名录》（2021 年版）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月）；
- 《土壤污染防治行动计划》（2016 年 5 月）；
- 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发[2012]140 号）；
- 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发[2014]66 号）；
- 《污染地块土壤环境管理办法(试行)》（环保部令第 42 号，2017 年 7 月）；
- 《广东省土壤污染防治行动计划实施方案》（粤府[2016]145 号）；
- 《中山市人民政府关于印发中山市土壤污染防治工作方案的通知》（中府〔2017〕54 号）；
- 《中山市污染地块环境管理试点工作方案》（中环〔2018〕258 号）。

1.2. 技术导则、标准及规范

- 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；

- 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- 广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）；
- 广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）；
- 《土壤环境监测技术规范》（HJ/166-2026）；
- 《地下水环境监测技术规范》（HJ/164-2020）；
- 《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；
- 《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）；
- 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）；
- 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）；
- 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）；
- 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）；
- 《污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附》（HJ 1165—2021）；
- 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-1993）；
- 《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55-2000）；
- 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》（HJ 1019-2019）；
- 《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ343-2010）；
- 《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）》；
- 《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）；
- 《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）；
- 关于印发《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》的通知（环办土壤〔2019〕63号）；
- 《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)；

1.3. 其他资料

- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染状况调查报告》；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染风险评估报告》（2021 年、2022 年版）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目修复方案》（2021 年、2022 年版）；
- 《关于中山市东区起湾北道 142 号之五至七地块土壤污染风险评估修复目标变化的说明》（中山市环境保护技术中心，2022 年 4 月）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤异味调查报告》（生态环境部环境规划院，2025 年 3 月）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块补充土壤污染风险评估报告（基于规划调整和异味调查结果）》（中山市环境保护科学研究所有限公司、广东省环境科学研究院，2026 年 2 月）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤异味治理修复方案》（中山翠亨市政工程有限公司，2026 年 4 月）
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目施工总结报告（第一阶段与补充修复阶段）》（北京建工环境修复股份有限公司，2026 年 8 月）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目施工总结报告》（第二阶段）（中山公用工程有限公司、广东广业禹航环境科技有限公司，2026 年 8 月）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目施工总结报告》（第三阶段）（中山翠亨市政工程有限公司，2026 年 8 月）；
- 《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤污染修复项目环境监理总结报告》（广东省环境科学研究院，2026 年 8 月）。

1.4. 工作程序与技术路线

1.4.1. 基本原则

污染地块风险管控与土壤修复效果评估应对土壤是否达到修复目标、风险管控是否达到规定要求、地块风险是否达到可接受水平等情况进行科学、系统地评估，提出后期环境监管建议，为污染地块管理提供科学依据。

1.4.2. 工作内容

污染地块风险管控与土壤修复效果评估的工作内容包括：更新地块概念模型、布点采样与实验室检测、风险管控与修复效果评估、提出后期环境监管建议、编制效果评估报告。

1.4.3. 工作程序

结合《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5-2018）、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）等文件要求，确定本地块污染土壤及地下水修复效果评估工作流程。

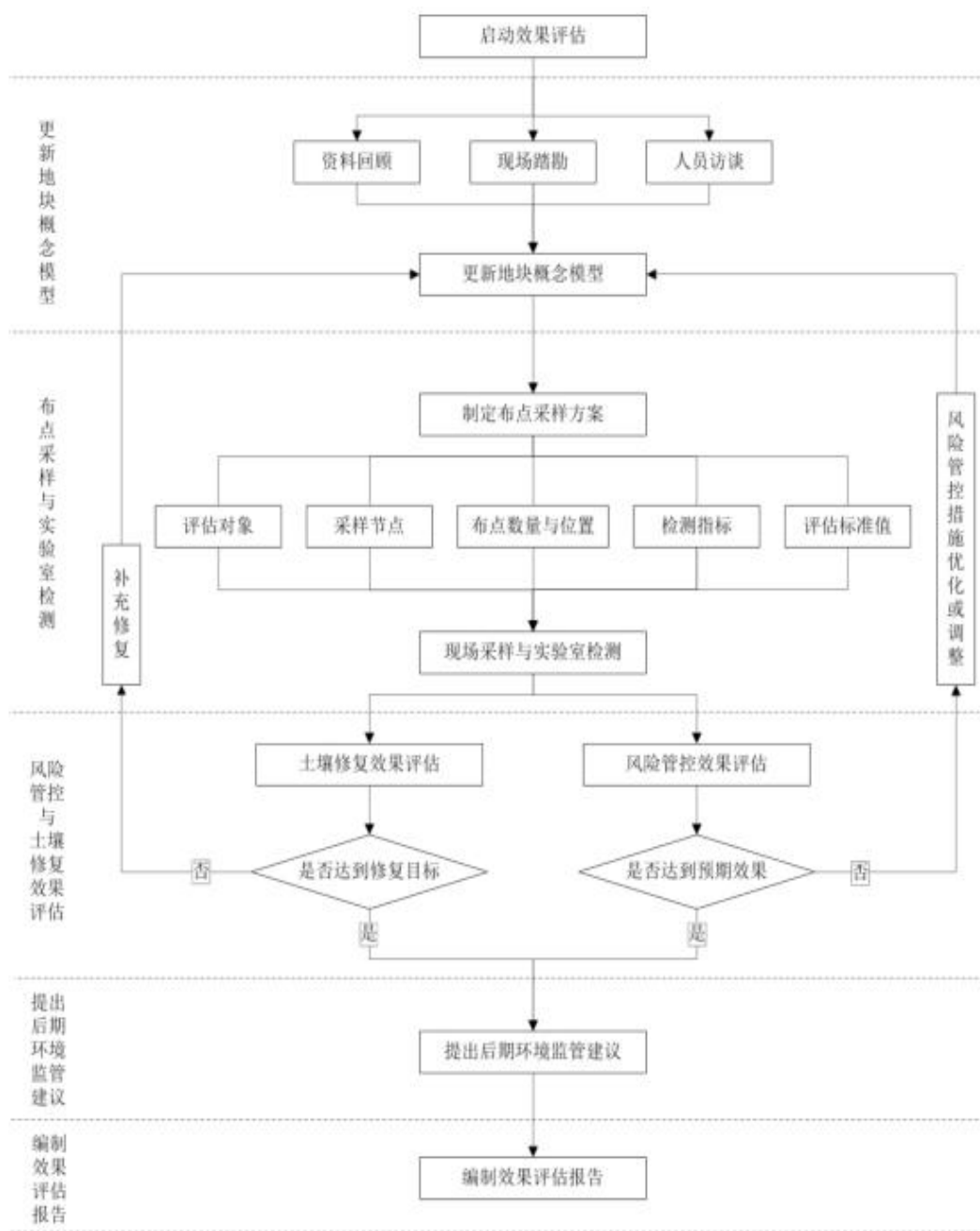


图 1.4-1 污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作流程

1.4.3.1.更新地块概念模型

应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。

➤ 总体要求

效果评估机构应收集地块风险管控与修复相关资料，开展现场踏勘工作，并通过与地块责任人、施工负责人、监理人员等进行沟通和访谈，了解地块调查评

估结论、风险管控与修复工程实施情况、环境保护措施落实情况等，掌握地块地质与水文地质条件、污染物空间分布、污染土壤去向、风险管控与修复设施设置、风险管控与修复过程监测数据等关键信息，更新地块概念模型。

➤ 资料回顾

在效果评估工作开展之前，应收集污染地块风险管控与修复相关资料。

资料清单主要包括地块环境调查报告、风险评估报告、风险管控与修复方案、工程实施方案、工程设计资料、施工组织设计资料、工程环境影响评价及其批复、施工与运行过程中监测数据、监理报告和相关资料、工程竣工报告、实施方案变更协议、运输与接收的协议和记录、施工管理文件等。

资料回顾要点主要包括风险管控与修复工程概况和环保措施落实情况。

风险管控与修复工程概况回顾主要通过风险管控与修复方案、实施方案、以及风险管控与修复过程中的其他文件，了解修复范围、修复目标、修复工程设计、修复工程施工、修复起始时间、运输记录、运行监测数据等，了解风险管控与修复工程实施的具体情况。

环保措施落实情况回顾主要通过对风险管控与修复过程中二次污染防治相关数据、资料和报告的梳理，分析风险管控与修复工程可能造成的土壤和地下水二次污染情况等。

➤ 现场踏勘

应开展现场踏勘工作，了解污染地块风险管控与修复工程情况、环境保护措施落实情况，包括修复设施运行情况、修复工程施工进度、基坑清理情况、污染土暂存和外运情况、地块内临时道路使用情况、修复施工管理情况等。

调查人员可通过照片、视频、录音、文字等方式，记录现场踏勘情况。

➤ 人员访谈

应开展人员访谈工作，对地块风险管控与修复工程情况、环境保护措施落实情况进行全面了解。

访谈对象包括地块责任单位、地块调查单位、地块修复方案编制单位、监理单位、修复施工单位等单位的参与人员。

➤ 更新地块概念模型

在资料回顾、现场踏勘、人员访谈的基础上，掌握地块风险管控与修复工程情况，结合地块地质与水文地质条件、污染物空间分布、修复技术特点、修复设施布局等，对地块概念模型进行更新，完善地块风险管控与修复实施后的概念模型。

地块概念模型一般包括下列信息：

a) 地块风险管控与修复概况：修复起始时间、修复范围、修复目标、修复设施设计参数、修复过程运行监测数据、技术调整和运行优化、修复过程中废水和废气排放数据、药剂添加量等情况；

b) 关注污染物情况：目标污染物原始浓度、运行过程中的浓度变化、潜在二次污染物和中间产物产生情况、土壤异位修复地块污染源清挖和运输情况、修复技术去除率、污染物空间分布特征的变化、以及潜在二次污染区域等情况；

c) 地质与水文地质情况：关注地块地质与水文地质条件，以及修复设施运行前后地质和水文地质条件的变化、土壤理化性质变化等，运行过程是否存在优先流路径等；

d) 潜在受体与周边环境情况：结合地块规划用途和建筑结构设计资料，分析修复工程结束后污染介质与受体的相对位置关系、受体的关键暴露途径等。

地块概念模型可用文字、图、表等方式表达，作为确定效果评估范围、采样节点、布点位置等的依据。

地块概念模型涉及信息及其作用见下表。

表 1.4-1 地块概念模型涉及信息及其作用

地块概念模型涉及信息	在修复效果评估中的作用
地理位置	了解背景情况
地块历史	了解背景情况
地块调查评估活动	了解背景情况
地块土层分布	确定采样深度
水位变化情况	采样点设置
地块地质与水文地质情况	采样点设置
污染物分布情况	了解地块污染情况
目标污染物、修复目标	明确评估指标和标准
土壤修复范围	明确评估对象和范围
地下水污染羽	明确评估对象和范围
修复方式及工艺	制定效果评估方案

地块概念模型涉及信息	在修复效果评估中的作用
修复实施方案有无变更及变更情况	制定效果评估方案
施工周期与进度	制定效果评估采样节点
异位修复基坑清理范围与深度	采样点设置
异位修复基坑放坡方式、基坑护壁方式	采样点设置
修复后土壤土方量及最终去向	采样点设置、采样节点
修复设施平面布置	采样节点
修复系统运行监测计划及已有数据	采样点设置、采样节点
目标污染物浓度变化情况	采样点设置、采样节点
地块内监测井位置及建井结构	判断是否可供效果评估采样使用
二次污染排放记录及监测报告	辅助资料
地块修复实施涉及的单位和机构	辅助资料

1.4.3.2.布点采样与实验室检测方案

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。

1.4.3.3.风险管控与土壤修复效果评估

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

对于土壤修复效果，可采用逐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。

1.4.3.4.提出后期环境监管建议

根据风险管控与修复工程实施情况与效果评估结论，提出后期环境监管建

议。

1.4.3.5.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。

2. 修复效果评估布点采样方案

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。

2.1. 布点依据

本项目治理修复效果评估参照《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）、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）、《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（试行）》（粤环办〔2020〕67号）、《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）等规范执行。

2.2. 评估范围

本次目标地块-五地块毗邻六七地块，且五、六七地块修复施工存在诸多区域共用情况，如六七地块基坑修复后土壤曾暂存于五地块内，五地块产生的废水、尾气需送往六七地块内的尾水、尾气设备进行处理处置。

基于五~七地块修复项目实际情况，本次效果评估对象为五地块红线范围内修复区土壤及潜在二次污染区（包含位于五地块红线内的五、六七地块修复项目共用区域、不含位于六七地块红线内的共用区域）、异味治理情况。

具体效果评估采样对象包括：

（1）地块内原位治理修复后的土壤（含原位化学氧化修复区、原位热脱附修复区）；

（2）地块内土壤修复过程中可能受到二次污染的影响区；

（3）土壤气及环境空气；

（4）异味治理水平阻隔涉及外来客土。

根据地块风评及实际施工情况，总体可划分为4次效果评估及潜在二次污染

区土壤评估，第 1~3 次效果评估主要针对原位修复区土壤，具体情况为：

第 1 次效果评估为针对第一阶段和第二阶段施工，对应第二版（2022 年版）风评报告划定污染区；

第 2 次效果评估为针对第 1 次补充修复施工；

第 3 次效果评估为针对第 2 次补充修复施工；

第 4 次效果评估为针对第三阶段翠亨市政异味治理施工。

2.3. 第 1 次效果评估（针对第一阶段和第二阶段施工）

2.3.1. 评估对象和范围

本次效果评估对象为风评报告中确定的全部需修复污染土，总体分为 9 层，均采用原位修复工艺，对应修复工艺编号为：ISCO1、ISCO2、ISCO3、ISTD1、ISTD2、ISTD3、5-1、5-2、5-3。

表 2.3-1 各层土壤修复范围与土方量

土层	总修复面积 (m ²)	深度 (m)	修复土方量 (m ³)	关注污染物
第一层 (0.5-3.7m)	1376.27	3.2	4404.06	乙苯、氯乙烯、 1,2-二氯乙烷、 氯仿、1,4-二氯 苯、1,2-二氯 苯、苯
第二层 (3.7-6.0m)	1596.89	2.30	3672.85	
第三层 (6.0-7.0m)	4154.06	1.0	4154.06	
第四层 (7.0-8.5m)	5634.12	1.5	8451.18	
第五层 (8.5-9.8m)	5634.25	1.3	7324.53	
第六层 (9.8-10.5m)	4452.60	0.7	3116.82	
第七层 (10.5-11.5m)	3484.19	1.0	3484.19	
第八层 (11.5-12.5m)	2233.63	1.0	2233.63	
第九层 (12.5-15.5m)	878.01	3.0	2634.03	
总计	5634.25	/	39475.35	/

2.3.2. 采样节点

本次采样于 2023 年 7 月 13 日-7 月 31 日期间开展。

2.3.3. 布点数量和位置

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（试行）》，水平（顶部和底部）采样单元面积按基坑底部采样点布点方法确定，修复范围边界采样单元长度按基坑侧壁采样布点方法确定。垂直方向上

采样深度应不小于调查评估确定的污染深度以及修复可能造成的污染物迁移的深度，根据土层性质设置采样点，原则上垂向采样点之间距离不大于 3 m。具体根据实际情况确定，应结合地块污染分布、土壤性质、修复设施设置等，在高浓度污染物聚集区、修复效果薄弱区、修复范围边界处等位置增设采样点。

《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）规定：原位修复后的土壤水平方向上采用系统布点法，推荐采样数量参照表 1。原位修复后的土壤垂直方向上采样深度应不小于调查评估确定的污染深度以及修复可能造成污染物迁移的深度，根据土层性质设置采样点，原则上垂向采样点之间距离不大于 3m，具体根据实际情况确定。应结合地块污染分布、土壤性质、修复设施设置等，在高浓度污染物聚集区、修复效果薄弱区、修复范围边界处等位置增设采样点。

根据《污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附》（HJ 1165—2021），效果评估布点应结合地块污染分布、土壤性质、加热井设置、温度场分布等，在高浓度污染物聚集区、温度相对较低、距离加热井和抽提井远端等修复薄弱区域、修复范围边界处等位置增设采样点。

根据《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），对治理修复后地块的土壤修复效果评估监测一般应采用系统布点法布设监测点位，原则上每个工作单元面积不应超过 1600m²。具体布设要求参照 HJ 25.5。对原位治理修复工程措施（如隔离、防迁移扩散等）效果的监测，应依据工程设计相关要求进行监测点位的布设。

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/T 2417-2023），采样点位布设、采样点数量和采样位置应符合 HJ 25.2、HJ 25.5 的要求。进行原位修复边界监测时，应根据地块大小和污染强度将修复范围四周等分成段，每段最大长度不应超过 40 m，采样方法参照 HJ 25.2 执行。

本地块共有 11 个点位超修复目标值，相应污染物最大超标倍数样品分布于点位 E3、E10、S83。

另本地块原位热脱附区加热井间距约为 3.0 m，等边三角形布设。根据加热井布设方式本身特点、结合现场温度监控记录，各加热井围成的三角区域的中心即为“冷点”，即为温度最低点也是距离加热井的远端；抽提井总体也是呈三角形

布设，各抽提井围成的三角区域的中心也是距抽提井的远端。确保于上述区域采集足额代表性监测样品。

此外，根据原位化学氧化采用施工工艺高压旋喷特点，其高压旋喷注入点设计采用梅花形（正三角形）方式布点，布孔密度约为 15 个/100 m²，其相邻注入点的扩散半径之间有 15%左右的搭接，保证注射药剂覆盖所修复范围。相比较而言，各注入点围成的三角区域的中心即为最可能的药剂浓度最低点，于该类点附近采集足额代表性监测样品。

最终于原位修复区内部或边界合计布设点位 81 个，采集样品 424 件；为捕捉修复实施可能带来的污染迁移影响，于修复区外约 1 米处布点 6 个，采集样品 42 件。

表 2.3-2 布点数量统计

风评污染层	分区	面积/m ²	周长/m	规范要求		实际布点数量/个			采样单元面积/m ²	采样段落长度/m	是否符合规范
				内部/个	边界/个	采样单元划分数	内部布点数	边界布点数			
第一层(0.5-3.7m)	1-1	516.7	104	3	5	3	3	5	172.2	20.8	符合
	1-2	859.6	119	3	5	3	3	5	286.5	23.8	符合
第二层(3.7-6.0m)	2-1	908.9	121.2	3	5	3	3	5	303.0	24.2	符合
	2-2	688.03	107.7	3	5	3	3	5	229.3	21.5	符合
第三层(6.0-7.0m)	/	4154.06	426.1	6	11	9	14	11	505.6/373.5	38.7	符合
第四层(7.0-8.5m)	/	5634.12	302.7	7	9	10	15	9	563.4	33.6	符合
第五层(8.5-9.8m)	/	5634.12	302.7	7	9	10	15	9	563.4	33.6	符合
第六层(9.8-10.5m)	/	4452.6	432.3	6	11	8	11	12	343.6/627.6	36.03	符合
第七层(10.5-11.5m)	/	3484.2	299.0	6	8	8	11	8	435.5	37.4	符合
第八层(11.5-12.5m)	8-1	1545.6	172.2	5	7	5	7	7	309.1	24.6	符合
	8-2	688.03	107.7	3	5	3	3	5	229.3	21.5	符合
第九层(12.5-15.5m)	/	878.01	137.1	3	5	3	5	5	292.7	27.4	符合
备注：在上表数量基础上，因部分样品现场快筛值较高、以及为捕捉补充修复可能的污染迁移影响，于第一层 1-1 区域增设 1 个点位（1 个样品）；于第二层增设 4 个点位（8 个样品）；于第三层增设 1 个点位（1 个样品）；于第四层增设 4 个点位（5 个样品）；于第五层增设 4 个点位（4 个样品）。											

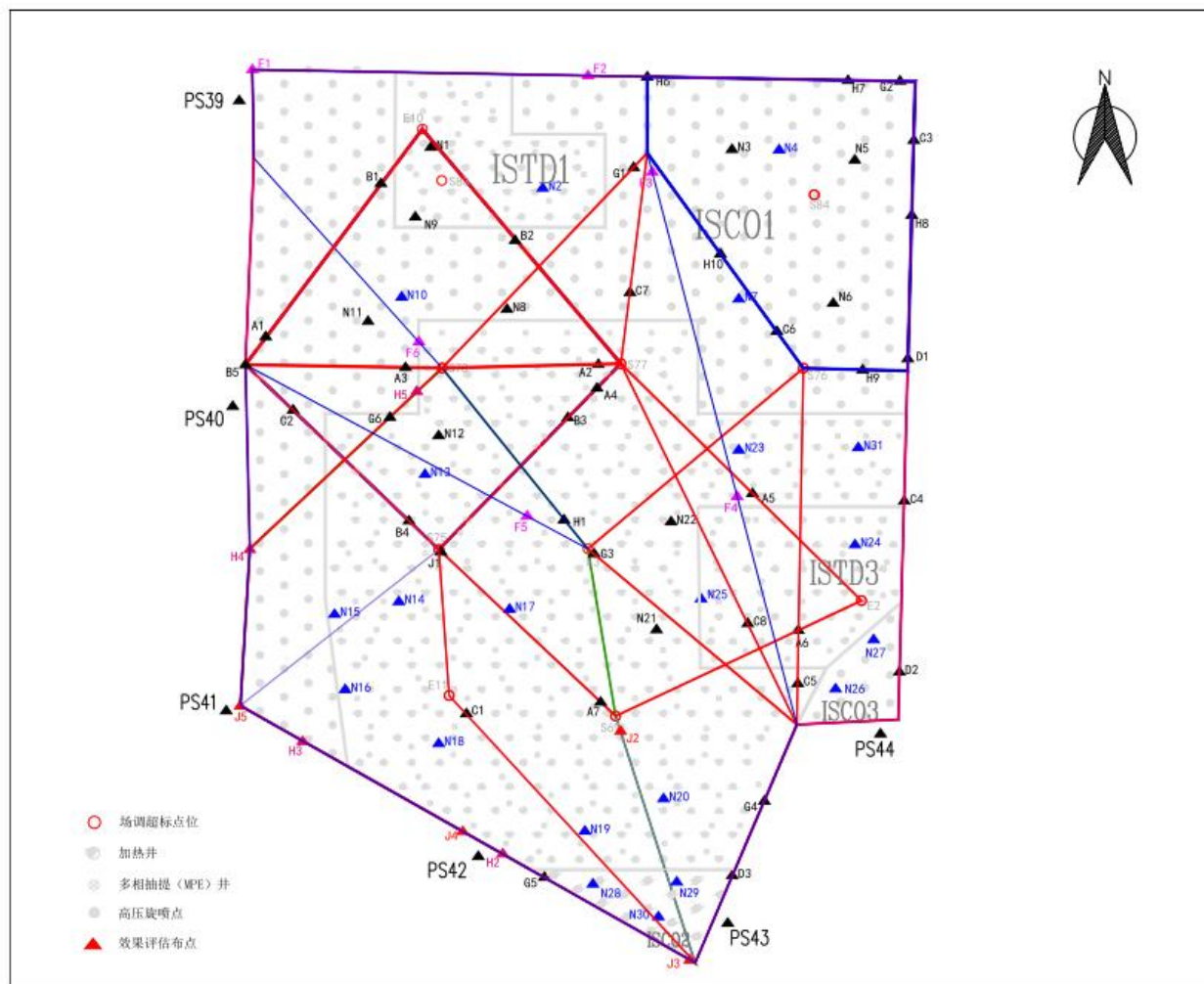


图 2.3-1 总体布点情况平面图

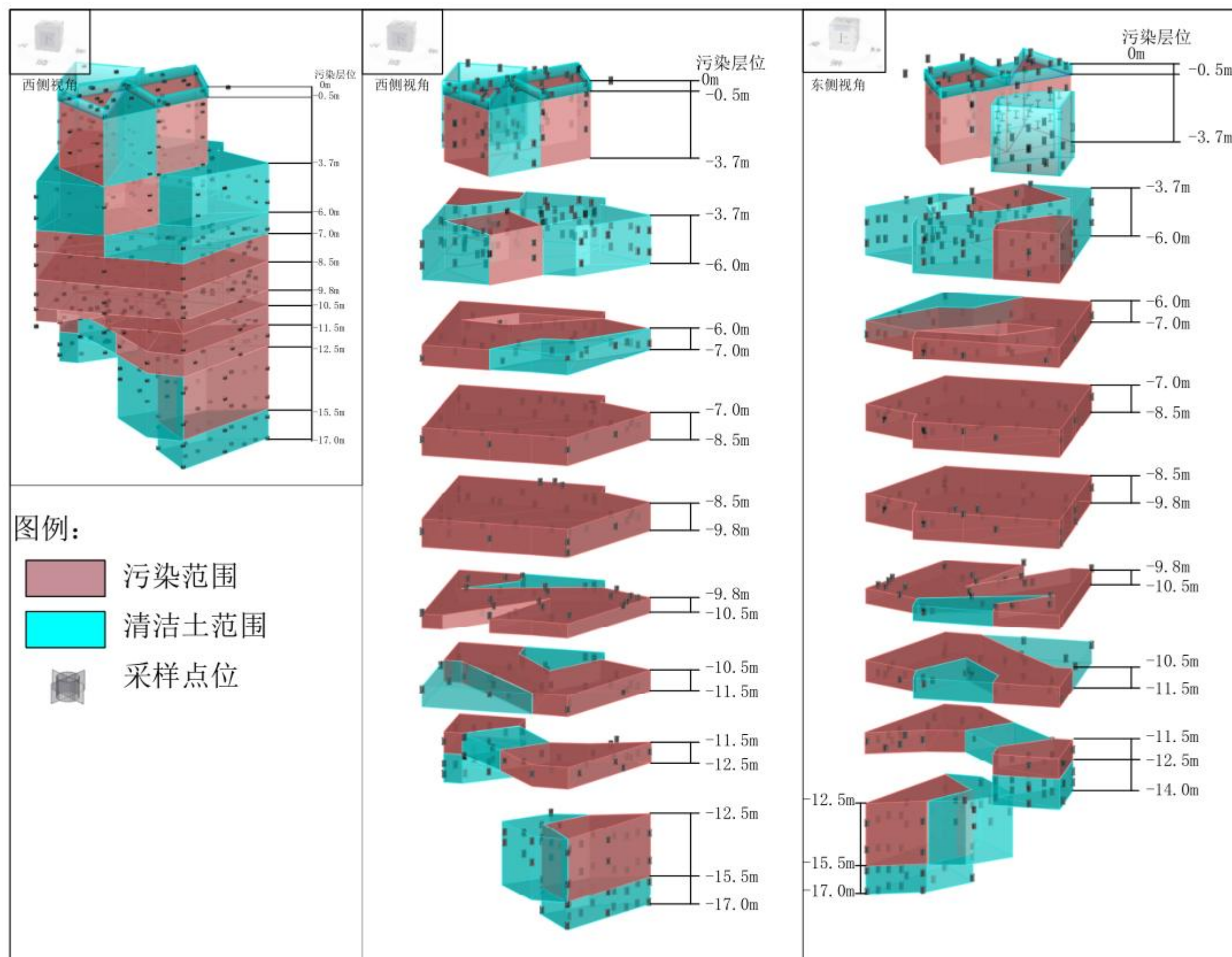


图 2.3-2 监测点位总体分布三维效果

2.3.4. 检测指标

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），原位修复后土壤的检测指标为修复方案中确定的目标污染物。化学氧化/还原修复、微生物修复后土壤的检测指标应包括产生的二次污染物，原则上二次污染物指标应根据修复方案中的可行性分析结果确定。

修复方案中确定的目标污染物：本地块施工关注污染物为乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯。

二次污染物：因原位化学氧化过程使用到碱性物质，增加 pH 值指标；另我方前期在六七地块内选取了两个代表性样品进行有机污染物全扫，未发现明显有毒有害物质，暂不考虑其他二次污染产物。

另外，考虑到 ISCO3 区（补充修复编号 5-3 区域邻近六七地块 V4 修复区，V4 区执行一类用地标准，关注污染物为 1,2-二氯苯；保守原则，针对 ISCO3 区域的监测指标覆盖五地块、六七地块全部关注有机物，即 ISCO3 区域监测点 N26、N27、D2 点样品监测指标为 pH 值、乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯、石油烃（C10-C40）、甲苯、一溴二氯甲烷、二氯甲烷、四氯化碳。

保守原则，其他点位均涵盖五地块全部关注污染物，监测指标确定为 pH 值、乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯。

2.3.5. 评价标准

执行五、六七地块 2022 年备案版风险评估报告确定的二类用地修复目标值；未涵盖的从严执行二类用地筛选值标准。

表 2.3-3 评价标准（mg/kg）

序号	污染物	评价标准	来源
1	乙苯	49.55	五地块第二版风评报告
2	氯乙烯	0.76	
3	1,2-二氯乙烷	5	
4	氯仿	1.71	
5	1,4-二氯苯	37.26	
6	1,2-二氯苯	560	
7	苯	6.94	

2.4.2. 评估对象和范围

补充修复范围的划定主要依据《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（试行）》（粤环办〔2020〕67 号）等技术文件，主要原则如下：

①采用无污染点位连线法确定补充修复范围。

②如果补充修复范围在前期风评报告确定的最大修复边界附近，且边界无控制点，则以垂直于边界进行范围确定。

③F2 超标点位于五、六七地块交界处，周边缺少无污染控制点，结合以往经验按 10*10m 网格进行了补充修复。

④由于效果评估采样不同于详调点位设置，部分点位未兜边或兜底，在后期效果评估采样时将做适当延展。

基于上述原则，划定补充修复区域面积共计 1592.97m²（其中五地块 1542.97m²、六七地块 50m²），本次仅针对五地块内的补充修复区域进行第二次验收采样。

2.4.3. 采样节点

本次采样于 2023 年 9 月 23 日-9 月 25 日期间开展。

北建工于 2023 年 9 月 1 日-9 月 15 日期间组织修复施工，2023 年 9 月 22 日完成自验收工作。

2.4.4. 布点位置和数量

本次补充采样面积为 1542.97m²，依据 HJ25.5 表一要求，内部需等面积至少布点 5 个，边界需等距离至少布点 7 个。

实际于内部等面积布点 6 个，于前期 4 个超标点附近各增设点位一个，于边界等距离布点 8 个；为捕捉高压旋喷施工过程可能带来的污染扩散，于修复边界外扩 1 米处均匀布点 4 个，总计布点 22 个。

2.4.5.检测指标及评价标准

第 1 次效果评估验收采样超标指标为氯乙烯、1,2-二氯乙烷、苯。保守原则，本次验收采样检测指标覆盖五地块土壤全部污染物。总检测指标为 pH 值、乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯；评价标准详见 5.3.5 节内容。

2.5. 第 3 次效果评估（针对第 2 次补充修复施工）

2.5.1.评估对象和范围

根据异味调查结果及修复方案确定本次评估对象和范围，评估对象为 C1-C5 区域，总计面积 2715.87m²，涉及方量 22312.55m³。

2.5.2.采样节点

于 2025 年 8 月 4 日-8 月 24 日期间开展现场现场采样。

北建工于 2025 年 6 月 15 日完成相应修复施工工作。

2.5.3.布点位置和数量

参考异味调查纵向取样深度设置，纵向取样深度间距不大于 2m；为捕捉高压旋喷修复施工过程带来的二次污染，在修复区两端各作扩展层取样，同时设表层采样层。现场实际取样时，按不大于 0.5m 间距进行 PID 快筛，结合快筛情况及现场感官增加采样数量。

总计布设 41 个点位，采集样品 332 件。

表 2.5-1 五地块布点数量一览

序号	区域	面积/m ²	污染深度/m	规范要求最少数量/个		实际布点数量/个		数量/个
				内部	边界	内部	边界	
1	C1	691.21	8—14	3	5	4	6	10
2	C2	400.35	8—14	3	5	3	5	8
3	C3	738.91	4.5—16	3	5	4	5	9

序号	区域	面积/m ²	污染深度/m	规范要求最少数量 /个		实际布点数量/个		数量/ 个
				内部	边界	内部	边界	
4	C4	416.95	6—19	3	5	3	5	8
5	C5	468.45	0—19	3	5	4	5	9
总计				15	25	18	26	44

备注：考虑不同区域部分钻孔位置重合，实际钻孔数量为 41 个。

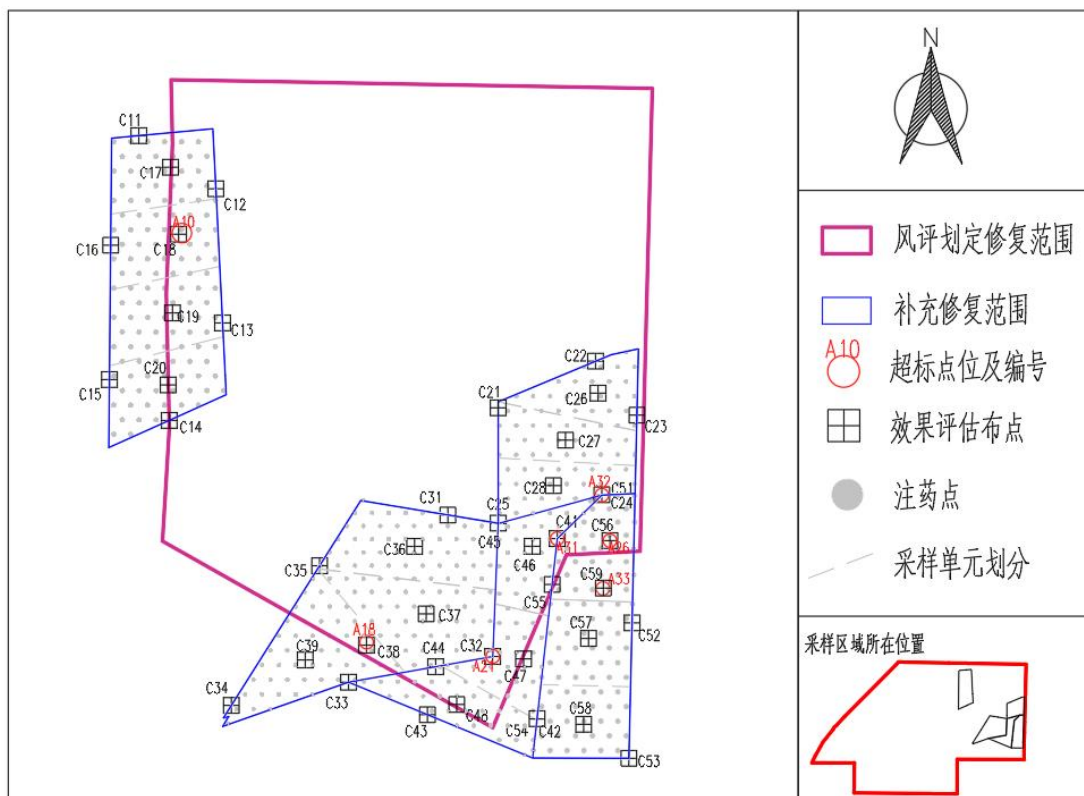


图 2.5-1 总体采样布点图

2.5.4. 监测指标

根据《异味调查报告》结果及修复方案，关注污染物为 1,2-二氯苯、氯仿、1,4-二氯苯，考虑到化学氧化药剂涉及碱性物质，增加 pH 值指标。

2.5.5. 评价标准

表 2.5-2 五地块修复评估标准 (mg/kg)

序号	监测项目	评价标准
1	1,2-二氯苯	560
2	氯仿	1.71
3	1,4-二氯苯	37.26

2.6. 第 4 次效果评估（针对第三阶段施工）

2.6.1. 异味治理水平阻隔客土采样

2.6.1.1. 采样节点

2026 年 6 月 6 日开展现场采样。

2.6.1.2. 布点位置和数量

客土源土质总体均一性较好，参考《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）》初调布点思路，每个采样单元面积不超过 1600m²，当集中堆存面积≤5000m²，土壤采样点位数不少于 3 个；当集中堆存面积>5000 m²，土壤采样点位数不少于 6 个。

结合土源堆存情况及进场取土方便性，划定两个集中取土区，总体采用系统布点法布设采样点，取土一区面积约 4000m²，布点 4 个，采样深度 6-10m；取土二区面积约 2000m²，布点 3 个，采样深度为 4m 米，总计可取土约 24000m³。通过挖机开槽对裸露剖面进行取土，斜面纵向采样间距不大于 2m，总计采集 27 个样品，平均 1 个样/889m³。

2.6.1.3. 检测指标及评价标准

本项目所选取客土为天然净土，地块周边无外源污染源带来的污染风险，土源地块不存在内源、外源土壤污染隐患，无任何可能引发土壤污染的情形，因此以常规检测指标为主，具体为 GB36600 中 45 项+pH 值+石油烃（C10-C40）+锌。评价标准执行 GB 36600-2018 对应的一类用地筛选值标准，锌执行深圳地标 DB4403/T 67—2020 对应的一类用地筛选值标准。

2.6.2. 异味治理修复效果评估布点采样

针对异味治理修复效果评估，国内目前暂未有统一规范标准及方法。

本项目参考类似案例及相关规范，拟通过土壤气、环境空气及嗅辨等方式评估异味治理修复效果。

2.6.2.1. 土壤气

由于国家层面没有土壤气相关布点规范，参照《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）、北京市《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）等相关规定及结合实际确定监测点位位置和数量。

作为异味治理施工后对比，重点关注异味治理施工区域内，采用系统布点结合专业判断法进行布点；兼顾前期异味调查结果显示污染较重区域的点位布设，单个施工区整体布点密度不大于 80*80m。

2.6.2.2. 环境空气及嗅辨评估

（1）环境空气

参考《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55-2000），大气环境监测点应充分设置在厂区风险管控边界范围内及地块常年主导风向的上下游，满足风险防范和监控的要求。

考虑到环境空气的流动性，将五、六七地块整体统筹考虑进行布点，于厂界常年主导风向的上下游布点 1 个，于场内各阻隔区各布点 1 个，于非阻隔区布点一个。具体点位布设时，可根据现场人为嗅觉选择异味较重区域进行布点采样，各区域异味无明显差异时则采用系统布点。

（2）嗅辨评估

采用系统布点及结合专业判断法进行布设。参考江苏省地标《恶臭污染物现场嗅辨技术规范》（DB32/T 4869-2024），在每个环境空气监测点开展嗅辨评估的基础上，通过实地踏勘、现场感官等方式增加对异味较明显区域的嗅辨评估，采用步行方式，嗅到异味即为到达嗅辨点位，可在此周边进行现场嗅辨。

2.6.2.3. 监测指标

- (1) 土壤气：1,2-二氯苯、氯仿、2,4-二氯苯酚。
- (2) 环境空气：甲苯、1,2-二氯苯、氯仿、2,4-二氯苯酚、臭气浓度及嗅辨评估。

2.6.2.4. 评价标准

根据《中山市东区起湾北道 142 号之五地块土壤异味治理修复方案》（中山市翠亨市政工程有限公司）（2025 年 4 月）、《中山市东区起湾北道 142 号之六七地块土壤异味治理修复方案》（2025 年 4 月）及结合《中山市东区起湾北道 142 号之五、六七地块土壤异味调查报告》确定各监测项目的评估标准；嗅辨评估则用于评估异味治理前后效果，暂不做具体等级要求。

表 2.6-1 土壤气和环境空气评估标准

序号	监测项目	单位	评估标准	
			土壤气	环境空气
1	氯仿	mg/m ³	0.544	0.356
2	2,4-二氯苯酚	mg/m ³	0.006	0.006
3	1,2-二氯苯	mg/m ³	0.131	0.131
4	甲苯	mg/m ³	0.403	0.403
5	臭气浓度	无量纲	/	20 ^(a)

备注：（a）本地块位于环境空气质量标准二类区，臭气浓度根据《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）选择表 1 中新建改建二级的臭气浓度 20（无量纲）作为评价标准；

2.7. 潜在二次污染区域效果评估布点采样

2.7.1. 评估对象

根据各阶段修复方案及现场踏勘情况，五地块内潜在二次污染区域主要有：洗车区、六七地块异位修复土壤待检区、运输道路、危废仓库等。

2.7.2. 布点数量和位置

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），潜在二次污染区域土壤原则上根据修复设施设置、潜在二次污染来源等资料判断布点，也可采用系统布点法设置采样点，采样点数量参照表 1。采集样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0~20cm），不排除深层采样。

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/T 2417-2023），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（0~20）cm 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；采集挥发性有机物土壤样品时，不应采集混合样，在采样单元内采集 1 个去除杂质后的表层 20 cm 以下土壤样品，采样点原则上位于有明显污染痕迹区域或采样单元中央。

（1）第 1 次采样，共布设 35 个采样点。

综合考虑北建工、中山公用/广业禹航时期场地平面布局情况，中山公用/广业禹航在北建工撤场后于五地块内新建了施工道路及办公室，其他基本无明显变化。参照上述规范要求，作如下设计：

1) 洗车池：已硬化防渗，面积约 81m²，按 HJ25.5 表 1 要求等面积划分 2 个采样单元。

2) 修复土壤 1#待检区：前期用于暂存六七地块 A 区域修复后土壤，未硬化，底部曾铺膜防渗，面积约 4046m²，按 HJ25.5 表 1 要求等面积划分 6 个采样单元，平均每个监测单元面积 674m²。

3) 修复土壤 2#待检区：前期用于暂存六七地块常温解吸后土壤、筛上物渣块及基坑开挖过程产生的清洁土，未硬化，底部曾铺膜防渗，面积约 3078m²，按 HJ25.5 表 1 要求等面积划分 6 个采样单元，平均每个采样单元面积 513m²。

4) 修复土壤 3#待检区：前期用于暂存六七地块 B 区域修复后土壤，未硬化，底部曾铺膜防渗，面积约 1174m²，按 HJ25.5 表 1 要求等面积划分 4 个采样单元，平均每个采样单元面积 294m²；

5) 危废仓：用于暂存废弃活性炭等危废，前期已硬化防渗，使用完后混凝土被破碎，面积约 90m²，按 HJ25.5 表 1 要求等面积划分 2 个采样单元。

6) 运输道路：部分段落已硬化防渗，五地块内运输道路长总计约 456m（北建时期 376m、中山公用时期增加 80m），宽 6-7m，拟划分 15 个采样段/单元，平均每段长度 31m、每个采样单元面积约 198m²。

(2) 第 2 次采样，重点针对后续施工期间的车辆通行道路作二次污染区采样，共布设 8 个点。

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（0~20）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；采集挥发性有机物土壤样品时，不应采集混合样，在采样单元内采集 1 个去除杂质后的表层 20 cm 以下土壤样品，采样点原则上位于有明显污染痕迹区域或采样单元中央。

2.7.3.检测指标

鉴于上述区域同时服务于六七地块，因此其监测指标同时涵盖五、六七地块的修复施工目标污染物。

六七地块施工关注污染物：根据《中山市东区起湾北道 142 号之六、七地块土壤污染修复项目修复方案》，六七地块土壤中的目标污染物共计 12 种。分别是铅、汞、石油烃（C10-C40）、苯、甲苯、乙苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、一溴二氯甲烷、氯仿；地下水中的目标污染物共 6 种，分别是苯、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、氯仿、四氯化碳、石油烃（C10-C40）。

五地块施工关注污染物：乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯。

二次污染物：因原位化学氧化过程使用到碱性物质，增加 pH 值指标；修复方案中的可行性分析结果暂未明确具体二次污染物类型，另我方前期在六七地块内选取了两个代表性样品进行有机污染物全扫，未发现明显有毒有害物质，暂不考虑其他二次污染产物。

因此总的监测指标确定为 pH 值、乙苯、氯乙烯、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、苯、铅、汞、石油烃（C10-C40）、甲苯、一溴二氯甲烷、二氯甲烷、四氯化碳。

2.7.4.评价标准

评价标准：执行五、六七地块 2022 年备案版风险评估报告确定的二类用地修复目标值；未涵盖的从严执行二类用地筛选值标准。

表 2.7-1 评价标准（mg/kg）

序号	污染物	评价标准	来源
1	乙苯	49.55	五地块风评报告
2	氯乙烯	0.76	五地块风评报告
3	1,2-二氯乙烷	5	五地块风评报告
4	氯仿	1.71	五地块风评报告
5	1,4-二氯苯	37.26	五地块风评报告
6	1,2-二氯苯	560	五地块风评报告
7	苯	6.94	五地块风评报告
8	汞	38	六七地块风评报告

序号	污染物	评价标准	来源
9	铅	800	六七地块风评报告
10	甲苯	1173	六七地块风评报告
11	石油烃（C10-C40）	6606.99	六七地块风评报告
12	二氯甲烷	616	六七地块风评报告
13	一溴二氯甲烷	1.2	六七地块风评报告
14	四氯化碳	2.8	二类用地筛选值

3. 效果评估结果

根据确定的修复目标，采用逐个对比法进行评估，即将样品检测值与修复效果评估标准值逐个对比：1）若样品检测值低于或等于修复效果评估标准值，则认为达到修复效果；2）若样品检测值高于修复效果评估标准值，则认为未达到修复效果。

根据地块风评及实际施工情况，总体划分为4次效果评估及潜在二次污染区土壤评估。其中第1~3次效果评估针对原位土壤修复，第4次针对异味治理施工。

第1次效果评估为2023年7月13日-7月31日期间，针对第一阶段和第二阶段施工区，对应第二版（2022年版）风评报告划定污染区。共布点87个，采集样品466件。其中于风评划定修复区内部或边界布点81个，采集样品424件；为捕捉修复实施可能带来的污染迁移影响，于修复区外布点6个，采集样品42件。

第2次效果评估为2023年9月23日-9月25日期间，针对第1次补充修复施工。在对第1次效果评估发现超标区完成补充修复后进行了第2次验收采样，共布点22个，采集样品200件。

第3次效果评估为2025年8月4日-8月25日期间，即针对第2次补充修复施工。对异味调查发现超标区完成补充修复后进行了第3次验收采样，共布点41个，采集样品332件。

第4次效果评估为2025年4月-9月，针对第三阶段翠亨市政施工。涉及采集水平阻隔用客土27件、采集土壤气9件、环境空气19件、嗅辨评估45个点次。

3.1. 第1次效果评估结果分析

466件土壤样品中（含42件周边污染迁移扩散监测点样品），pH值3.98~10.92，氯乙烯ND~16100ug/kg，氯仿ND~877ug/kg，苯ND~13600ug/kg，1,2-二氯乙烷ND~94500ug/kg，乙苯ND~2660ug/kg，1,4-二氯苯ND~8690ug/kg；1,2-二氯苯ND~95600ug/kg。

21件土壤样品中，石油烃11~282mg/kg，二氯甲烷ND~670ug/kg，四氯化碳ND~3.8ug/kg；一溴二氯甲烷全部未检出；甲苯ND~5770ug/kg。

对比评价标准，共 4 个点 8 件样品出现超标。其中 B1-3、B1-4、B1-5、B1-6、B1-7 存在氯乙烯超标；A3-3 存在苯超标；F2-4、B1-6、B1-7、B2-5 存在 1,2-二氯乙烷超标。

进一步对比一二类用地筛选值标准，B1-2（氯乙烯）超二类用地筛选值但不超评价标准；J1-8、N15-3（氯仿）超一类不超二类用地筛选值；B1-5、F2-5、B1-3、B2-4、F2-1、F2-2（1,2-二氯乙烷）超一类不超二类用地筛选值；N26-2、N26-3、J5-1（1,4-二氯苯）超一类不超二类用地筛选值。

3.2.第 2 次效果评估结果分析

针对第 1 次采样超标区域经补充修复后进行第 2 次验收采样，本次共布设 22 个点，共采集 200 件样品（不含平行样）。

根据检出结果，pH 值 6.7~9.47；氯乙烯 ND~223ug/kg；氯仿 ND~30.6ug/kg；苯 ND~139ug/kg；1,2-二氯乙烷 ND~1080ug/kg；乙苯 ND~111ug/kg；1,4-二氯苯 ND~344ug/kg；1,2-二氯苯 1.6~26100ug/kg。

对比评价标准，各项指标均未超标。

进一步对比一二类用地筛选值标准，B2'-10、B2'-7、Z1-4（氯乙烯）超一类不超二类用地筛选值；Z1-9（1,2-二氯乙烷）超一类不超二类用地筛选值，无超二类用地筛选值不超修复目标值样品。

表 3.2-1 检出结果统计

序号	检测指标	数量	检出范围	单位	检出率 (%)	修复目 标值	筛选值	
							一类用地	二类用地
1	pH 值	200	6.7~9.47	无量纲	/	/	/	/
2	氯乙烯	200	ND~223	ug/kg	27.0%	760	120	430
3	氯仿	200	ND~30.6	ug/kg	8.5%	1710	300	900
4	苯	200	ND~139	ug/kg	19.0%	6940	1000	4000
5	1,2-二氯乙烷	200	ND~1080	ug/kg	23.0%	5000	520	5000
6	乙苯	200	ND~111	ug/kg	22.0%	49550	7200	28000
7	1,4-二氯苯	200	ND~344	ug/kg	60.0%	37260	5600	20000
8	1,2-二氯苯	200	1.6~26100	ug/kg	100.0%	560000	560000	560000

表 3.2-2 超一类不超二类用地筛选值样品一览（ug/kg）

序号	样品名称	深度 (m)	污染指标	检出值	一类用地 筛选值	二类用地 筛选值	修复目 标值
1	B2'-10	9.6	氯乙烯	183	120	430	760
2	B2'-7	6.8	氯乙烯	190			
3	Z1-4	3.4	氯乙烯	223			
4	Z1-9	8.7	1,2-二氯乙烷	1080	520	5000	5000

3.3.第 3 次效果评估结果分析

332 件土壤样品中，pH 值 5.26~9.85，均值 8.0；氯仿 ND~5.5 ug/kg；1,4-二氯苯 ND~6980 ug/kg；1,2-二氯苯 ND~144000 ug/kg。

对比评价标准，各项指标均未超标。

进一步对比一二类用地筛选值标准，仅 C38-4（1,4-二氯苯）超一类用地筛选值，无超二类用地筛选值不超修复目标值样品。

3.4.第 4 次效果评估结果分析

3.4.1.水平阻隔客土检测结果

27 个样品中，pH 值 4.54~7.93，均值 5.65；铜 14.3~37.7，均值 24.58mg/kg；镍 11.0~27.0，均值 17.37mg/kg；锌 46~101，均值 74.41mg/kg；铅 30.0~71.0，均值 44.37mg/kg；镉 0.06~0.28，均值 0.12mg/kg；砷 3.48~18.40，均值 7.59mg/kg；总汞 0.014~0.090，均值 0.054mg/kg；石油烃 7.0~44.0，均值 15.9mg/kg；六价铬及其他受检指标均未检出。因此，各样品受检指标均符合评价标准。

3.4.2.工程性能评估

结合施工过程资料及相关检测报告，土工布、HDPE 土工膜等主要材料性能合格；HDPE 膜焊接电火花完整性检测合格，未检出泄漏破损点；粘土回填压实度满足设计不小于 87% 控制指标。各道工序合格，整体工程性能满足设计要求。

3.4.3.场区异味效果评估

2026 年 5 月 24 日，在覆膜覆土阻隔前开展土壤气、环境空气采样及嗅辨评估，布设的 3 个土壤气及 7 个环境空气样品均低于评估标准限值，11 个嗅辨评估点位中，出现 1 个臭气强度 2 级点位、2 个 1 级点位，其他均为 0 级。

2026 年 7 月 13 日，在五地块施工完成后、六七地块部分区域未覆膜前开展环境空气采样及嗅辨评估，5 个环境空气样品均满足评价标准；11 个嗅辨点位中，出现 1 个臭气强度 2 级点位、4 个 1 级点位，其余点位为 0 级。

2026 年 8 月 10 日-11 日，在五、六七地块均施工完后开展土壤气、环境空气采样及嗅辨评估，布设的 3 个土壤气及 7 个环境空气样品均低于评估标准限值，

12 个嗅辨评估点位中，出现 4 个 1 级臭气强度点位，其余点位为 0 级。

3.5. 潜在二次污染区效果评估

根据修复方案及现场实际施工情况，地块涉及潜在二次污染区域主要包括洗车区、六七地块异位修复土壤待检区、运输道路、危废仓库等。本次效果评估共涉及 2 次采样，第 1 次采样布点 35 个、第 2 次采样布点 8 个，每个点均采集 0~20cm 表层样，样品总计 43 个。

43 个土壤样品中，pH 值 7.42~9.14；总汞 0.039~5.02mg/kg；铅 60~246mg/kg；石油烃（C₁₀~C₄₀）12~1630mg/kg；氯乙烯 ND~3.1ug/kg；二氯甲烷 ND~2ug/kg；氯仿 ND~8.0ug/kg；四氯化碳未检出；苯未检出；1,2-二氯乙烷 ND~2.0ug/kg；一溴二氯甲烷未检出；甲苯 ND~13.7ug/kg；乙苯未检出；1,4-二氯苯 ND~3.6ug/kg；1,2-二氯苯 ND~178ug/kg。

对比评价标准，受检样品均未超标。

进一步对比一、二类用地筛选值标准，样品 PS32-1（石油烃）超一类不超二类用地筛选值标准，无超二类用地筛选值不超修复目标值样品。

3.6. 修复效果评估小结

本次修复效果评估范围为风评报告中确定的地块全部土壤污染区域及异味治理区，监测内容包括：1）污染土壤修复效果；2）地块潜在二次污染区域土壤；3）异味治理水平阻隔涉及外来客土；4）地块土壤气及环境空气，各内容监测结果如下：

（1）第 1~3 次效果评估，针对污染土壤修复效果评估

第 1 次效果评估：2023 年 7 月 13 日~2023 年 7 月 31 日，开展第 1 次效果评估验收采样，合计采集 424 件原位修复区土壤样品、42 件原位修复区周边土壤样品，共计出现 4 个点位 8 件样品超标；

第 2 次效果评估：2023 年 9 月 23 日~9 月 25 日，对超标区域经补充修复后开展第 2 次效果评估验收采样，合计采集 200 件土壤样品，检出结果显示已满足修复目标值要求；

第 3 次效果评估：2025 年 8 月 4 日-8 月 24 日，针对异味调查发现超标区经补充修复后开展第 3 次效果评估验收采样，采集的 332 件样品检出结果显示已满

足修复目标值要求，表明污染土壤原位修复效果合格。

(2) 第 4 次效果评估，针对异味治理

1) 异味治理水平阻隔外来客土

2026 年 6 月 6 日采集客土 27 件，各样品受检指标均满足 GB36600 一类用地筛选值标准；

2) 水平阻隔工程性能评估

结合施工过程资料及相关检测报告，土工布、HDPE 土工膜等主要材料性能合格；HDPE 膜焊接电火花完整性检测合格，未检出泄漏破损点；粘土回填压实度满足设计不小于 87% 控制指标。各道工序合格，整体工程性能满足设计要求。

3) 地块土壤气、环境空气

土壤气：2026 年 5 月-2026 年 9 月，于异味治理区施工前后布设土壤气 3 口，施工前采样 1 次、施工后采样 2 次，检测结果表明施工前后土壤气检出浓度均低于评估标准限值，且施工后检出浓度总体低于施工前。

环境空气：2026 年 5 月-2026 年 9 月，对五、六七地块整体环境空气质量进行采样监测，施工前、中、后期各开展 1 次，3 次环境空气采样共计 19 个空气样品检测结果均满足评价标准。

嗅辨评估：2026 年 5 月-2026 年 9 月，对五、六七地块整体进行嗅辨评估，施工前、中期各开展 1 次，施工后开展 2 次，4 次嗅辨共计 46 个嗅辨点评估结果表明臭气强度最高等级从第 1 次嗅辨的 2 级已降至第 4 次嗅辨的 0 级，异味治理效果较明显。

(3) 地块潜在二次污染区域土壤

2023 年 7 月 29 日~7 月 30 日期间采集 35 个二次污染区域样品、2026 年 8 月 24 日采集 8 个二次污染区域样品，检出结果显示各受检指标均满足修复目标值要求。

综上，本项目污染范围内的目标污染物全部修复达标，修复效果满足风评要求的修复目标值要求；修复施工活动未对周边潜在二次污染区带来明显污染影响；异味治理效果较显著，土壤气、环境空气检出结果均满足补充污染风评目标值要求，土壤气、环境空气受检指标达到异味治理要求。

4. 结论和建议

4.1. 效果评估结论

4.1.1. 文件评估结论

经文件审核，修复、治理工程前期的地块调查风险评估报告，土壤修复、治理方案均按环境保护管理要求完成备案手续，修复、治理工程各相关技术资料与附件齐全基本完整、内容总体详实。

4.1.2. 修复工程环保措施落实结论

通过对修复或治理过程施工记录、污水处理记录、监理记录和监测数据等的审核，确定修复或治理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治理方案、环境监理方案等备案文件的要求。

4.1.3. 修复过程污染防治效果评估结论

经现场踏勘及对修复过程施工记录、监理记录和监测数据等的审核，现场二次污染防治措施已按修复方案要求落实，且环境监理单位对修复工程实施过程中产生的污（废）水、废气、噪声、地下水等可能产生的二次污染及环境影响的因素进行监测，通过二次污染防治检测数据的审核，明确施工过程中各类污染物达标排放，各类固体废物利用或处置符合修复方案的要求。总体来说修复治理工程未对地块及周边环境造成明显污染。

4.1.4. 土壤修复效果评估结论

（1）污染土壤修复效果评估（涉及第 1~3 次效果评估采样）

根据 2022 年备案版《风评报告》及《修复方案》，风评划定污染区域共 9 层，均采用原位修复工艺，综合第 1~3 次效果评估采样检测结果，相应划定污染范围已修复合格：

2023 年 7 月 13 日~2023 年 7 月 31 日期间开展第 1 次效果评估验收采样，合计采集 424 件原位修复区土壤样品、42 件原位修复区周边土壤样品，检测结果显示出现 4 个点位 8 件样品超标，经补充修复后于 2023 年 9 月 23 日~2023 年 9 月

25 日期间对超标区域开展第 2 次效果评估验收采样，合计采集 180 件原位修复区土壤样品、20 件原位修复区周边土壤样品；另针对异味调查发现超标区经补充修复后开展第 3 次效果评估验收采样，合计采集 332 件土样。第 2、3 次效果评估所采集样品目标污染物全部达标，污染土壤原位修复效果合格。

（2）地块异味治理效果（涉及第 4 次效果评估采样）

1）水平阻隔工程性能评估

结合施工过程资料及相关检测报告，土工布、HDPE 土工膜等主要材料性能合格；HDPE 膜焊接电火花完整性检测合格，未检出泄漏破损点；粘土回填压实度满足设计不小于 87% 控制指标。各道工序合格，整体工程性能满足设计要求。

2）水平阻隔客土

2026 年 6 月 6 日采集客土 27 件，各样品受检指标均满足 GB36600 一类用地筛选值标准；

3）土壤气及环境空气

2026 年 5 月-9 月，对异味治理前后土壤气、环境空气进行采样及嗅辨评估，结果显示，土壤气、环境空气检出结果均满足补充污染风评目标值要求，臭气强度最高等级从第 1 次采样的 2 级降至第 4 次采样的 0 级，异味治理效果较明显。

（3）潜在二次污染区域效果评估

2023 年 7 月 29 日~7 月 30 日、2026 年 8 月 24 日前后分别布设 35 个和 8 个采样点位，采集 43 个表层样，检出结果显示各受检指标均满足修复目标值要求。

4.1.5. 修复效果评估结论

本地块效果评估通过文件审核、现场勘查、现场采样和检测分析等，对地块土壤污染的治理修复效果，以及修复过程二次污染防治效果等进行调查，修复工作符合相关要求。修复范围与修复工程量测量评估为合格，修复或治理工程完成了《风评报告》及《修复方案》划定污染区域的修复或治理。检测结果显示，地块内污染土壤目标污染物浓度均已低于相应的修复目标值、异味治理效果达到补充污染风评目标要求。因此，可判断本项目修复治理工程完成预期目标，该地块可以作为公园绿地（G1，不涉及 G1 类中的社区公园和儿童公园用地）和城市道路用地（S1），可申请移出建设用地土壤污染风险管控和修复名录。

4.2. 建议

1、全面落实阻隔工程成品保护措施，清晰划定阻隔防护区域边界，设立醒目警示标识，严禁各类施工机械进场碾压、尖锐物料堆放及穿刺破坏防渗膜。同步规范绿化种植设计，场区绿化优先选用浅根系植被，严禁栽植深根乔木及穿透力强的植物，有效防范植物根系生长穿透防渗膜，杜绝阻隔体系破损失效，保障场地阻隔系统完整性与稳定性。

2、受土壤空间高度异质性、气象条件差异、采样监测操作、嗅辨人员嗅觉灵敏度个体差异等多重因素影响，致采样监测结果存在一定不确定性，建议严格落实全场区有效管控，禁止擅自对下部土壤进行开挖扰动；结合后期规划及开发需求，加快对场内暂未覆膜或覆土区进行阻隔，补齐工程防护短板，进一步降低其他区域污染扩散风险。

3、在场区主要出入口、异味重点管控区域、人员通行密集区域设置固定公示标牌，清晰公示场地污染治理背景、修复及阻隔工程实施情况、日常管控要求、禁止行为及应急注意事项。畅通群众及现场人员异味问题反馈、投诉上报渠道，建立问题台账，实现异味隐患及时发现、快速处置、闭环管理。

4、建立场地后期常态化跟踪监测机制，尤其需关注环境空气及嗅辨评估情况，工程完工初期适当加密监测频次，工程完工初期适当加密监测频次，精准掌握场地环境质量动态变化。后期可根据监测数据情况酌情优化监测频次与持续监测时长。严格执行监测数据上报制度，一旦发现监测数据异常、指标波动超标等问题，第一时间排查原因并及时上报主管部门，防范环境风险隐患。

5、开展场区日常常态化巡查养护，重点排查覆土沉降、雨水冲刷、外力破坏造成的覆土开裂、膜布裸露、土体破损等问题，发现隐患立即开展修复整改，确保防护体系持续完好。严格执行场地管控禁令，未经专业技术论证及生态环境主管部门审批同意，任何单位及个人严禁擅自开展场区土壤开挖扰动、土方清运、地下水抽取取用等违规作业，从源头规避二次污染及场地结构破坏风险。

6、全面梳理完善土壤修复工程、异味阻隔工程相关施工资料、检测报告、验收资料、运维管理制度等全套档案材料，做到资料完整、数据详实、台账规范，实行长期存档管理，并按要求报送至相关主管部门备案。严格落实工程资料及后期运维管理要求的交接工作，明确各方管护责任，确保场地长效管控工作无缝衔

接、持续落地。