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

委托单位：中山市中垣物业拓展有限公司

编制单位：中山翠亨市政工程有限公司

编制日期：2026年04月

签 署 页

项目名称：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

委托单位：中山市中垣物业拓展有限公司

编制单位：中山翠亨市政工程有限公司

编制人员：

姓名	职称	主要职责	签名
伏磊	初级工程师	编制	伏磊
刘海	中级工程师	编制	刘海
吴永恒	中级工程师	编制	吴永恒
杨涛	中级工程师	校对	杨涛
温玉琼	中级工程师	审核	温玉琼
林勇军	高级工程师	审定	林勇军

目 录

1 总论 1
1.1 项目概况 1
1.2 任务由来 1
1.3 编制依据 5
1.3.1 法律法规和政策文件 5
1.3.2 标准规范和技术导则 6
1.3.3 地块相关参考资料 7
1.4 编制原则 9
1.4.1 科学性原则 9
1.4.2 可行性原则 9
1.4.3 经济性原则 9
1.5 编制内容 9
2 地块问题识别 11
2.1 所在区域概况 11
2.1.1 气候气象 11
2.1.2 地表水系 12
2.2 地块基本信息 15
2.2.1 地块地理位置 15
2.2.2 地块生产历史 16
2.2.3 地块土地利用现状 16
2.2.4 地块相邻地块概况 19
2.2.5 地块未来规划用途 22
2.3 地块环境特征 23
2.3.1 地块地质概况 23
2.3.2 地块水文特征 26
2.3.3 地块土壤类型 29
2.3.4 地块周边敏感目标 30
2.3.5 地表水环境功能 31

2.3.6 地下水环境功能 32
2.4 地块土壤异味特征 34
2.4.1 土壤污染状况调查结论 34
2.4.2 前期风险评估结论 34
2.4.3 前期修复与效果评估结论 39
2.4.4 异味调查结果 40
2.4.5 补充修复与效果评估 46
2.5 地块土壤补充风险评估 48
2.5.1 土壤异味物质控制范围与方量 48
2.5.2 土壤后期环境管理范围与方量 69
2.5.3 地下水后期环境管理范围与方量 89
2.5.4 各类范围叠图分析 91
3 地块治理修复模式 105
3.1 地块治理修复总体思路 105
3.2 确认地块条件 105
3.2.1 地块基本信息确认 105
3.2.2 地块环境特征确认 106
3.2.3 地块土壤异味特征确认 107
3.2.4 地块土壤异味风险确认 107
3.3 地块治理修复目标 108
4 治理修复技术筛选 109
4.1 地块土壤异味治理修复目标及范围 109
4.1.1 土壤异味治理修复目标值 109
4.1.2 土壤异味物质控制范围 109
4.2 土壤异味治理修复技术简介 111
4.2.1 管控污染源 111
4.2.2 土壤阻隔技术 111
4.2.3 植物控制技术 112
4.2.4 制度控制技术 113
4.2.5 监测自然衰减技术 114

4.3 污染地块修复治理模式分类 115
4.4 治理技术筛选 116
4.5 阻隔技术 118
4.5.1 阻隔技术定义及分类 118
4.5.2 阻隔技术的原理与优缺点 119
4.5.3 阻隔技术的目的及措施 119
4.6 工程阻隔技术筛选 120
4.7 工程阻隔关键技术参数 121
4.8 工程阻隔总体设计要求 122
4.8.1 总体设计要求 122
4.8.2 阻隔工程施工与后期建设的衔接 124
4.9 覆土阻隔方案确定 125
4.10 覆土面积确定 128
4.11 阻隔措施维护和操作事项 133
4.12 土壤异味治理修复技术可行性评估 134
4.12.1 可靠性分析 134
4.12.2 国内外相关案例 135
5 治理方案设计 138
5.1 治理修复技术路线 138
5.2 治理修复技术工艺参数 139
5.3 修复工期 140
5.4 总体施工顺序 142
5.5 施工总平面布置 143
5.5.1 施工总平面布置原则 143
5.5.2 功能区布置 145
5.6 修复施工实施部署 145
5.6.1 工程总体目标 145
5.6.2 水平阻隔施工技术路线 146
5.6.3 进驻现场及现场交接 146
5.7 施工准备 147

5.7.1 组织准备 147
5.7.2 技术准备 148
5.7.3 施工生产准备 149
5.7.4 现场通讯、监控装置及计算机管理 149
5.7.5 施工基准点移交 150
5.7.6 作业面准备 150
5.7.7 临设建设方案 152
5.8 水平阻隔层施工 154
5.8.1 非织造土工布技术要求 156
5.8.2 HDPE膜施工要求 160
5.8.3 粘土施工要求 166
5.9 现场排水施工 167
5.10 主要材料采购计划 170
5.10.1 材料采购遵循的规则 170
5.10.2 施工现场材料需要量计划 171
5.10.3 材料进场计划 171
5.10.4 劳动力投入计划 173
5.10.5 主要机械设备投入计划 175
5.11 环境管理土壤区域要求 177
5.12 施工质量保证措施 177
5.12.1 质量目标 177
5.12.2 质量管理及保证体系 177
5.12.3 质量保证措施 181
6 环境监理的工作内容 187
6.1 总体工作内容 187
6.1.1 施工准备阶段环境监理 188
6.1.2 工程实施阶段环境监理 189
6.1.3 竣工验收阶段环境监理 192
6.1.4 环境监理准备 193
6.1.5 参加修复工程技术交底会 194

6.1.6 特殊情况的环境监理 194
6.1.7 环境问题的处理处置 199
6.1.8 编制环境监理总结报告 200
6.1.9 参加土壤污染修复效果评估工作 200
6.1.10 编制环境监理方案 201
6.2 二次污染的环境监测 202
6.2.1 监测污染物识别 202
6.2.2 废气环境监测 206
6.2.3 噪声环境监测 211
6.3 环境监理工作要点及监理措施 215
6.3.1 施工前的环境监理要点及监理措施 215
6.3.2 清表与场地平整阶段的环境监理 216
6.3.3 水平阻隔系统（“两布一膜+粘土”）施工阶段的环境监理218
6.3.4 雨季（大风）天气环境监理 219
6.3.5 职业健康管理的环境监理 221
6.3.6 组织协调重难点及监理措施 222
6.3.7 舆情问题的环境监理工作要点及监理措施 226
7 效果评估方案 230
7.1 效果评估工作程序 230
7.1.1 基本原则 230
7.1.2 工作程序 230
7.2 效果评估工作方案 232
7.2.1 更新地块概念模型 232
7.2.2 效果评估内容及频率 233
7.2.3 二次污染区域效果评估 234
7.3 工程性能指标评估 234
7.3.1 粘土层施工质量检测 234
7.3.2 HDPE膜施工质量检测 235
7.3.3 土工布施工质量检测 236
7.3.4 排水系统施工质量检测 237

7.4 治理修复工程效果评估 237
7.5 后期环境监管建议 238
7.6 效果评估报告编制 238
7.7 场地后期维护措施 238
7.7.1 后期地块维护的目的与目标 238
7.7.2 后期地块维护的原则 239
8 项目进度计划及保证措施 240
8.1 工期目标 240
8.2 编制依据 240
8.3 编制原则 240
8.4 工期保证措施 241
8.4.1 组织保证措施 241
8.4.2 施工方法保证措施 243
8.4.3 资金保证措施 243
8.4.4 人力资源保证措施 244
8.4.5 材料、机械设备保证措施 244
8.4.6 严格的管理与控制 245
8.4.7 配合保证措施 246
8.4.8 其他保证措施 246
8.5 进度违约责任承诺 248
8.6 赶工措施 248
9 安全文明施工措施 250
9.1 安全施工目标及保证措施 250
9.1.1 安全施工目标 250
9.1.2 安全施工体系 251
9.1.3 工程施工安全管理措施 252
9.1.4 安全设施检查措施 256
9.1.5 安全教育 257
9.2 文明施工管理 258
9.2.1 文明施工组织 258

9.2.2 办公区文明施工措施 258
9.2.3 施工范围文明施工控制管理 259
9.3 二次污染防范 260
9.3.1 总体要求 260
9.3.2 扬尘和废气控制 260
9.3.3 固体废物污染源控制 261
9.3.4 噪声污染源控制 262
9.3.5 水污染物排放控制 263
9.3.6 施工过程中异味控制 263
9.4 环境应急预案 264
9.4.1 事故及紧急情况分类分级 264
9.4.2 应急目标 265
9.4.3 应急物资 267
9.4.4 应急程序 268
9.4.5 环境污染事故应急措施 269
9.4.6 舆情应急措施 269
9.4.7 其他事故应急措施 272
10 项目验收及资料移交 274
10.1 验收组织与职责 274
10.2 验收前置条件 274
10.3 分项/专项验收 275
10.4 竣工预验收 275
10.5 正式竣工验收 276
10.5.1 资料审核 276
10.5.2 现场查验 276
10.5.3 意见讨论与验收结论 277
10.5.4 验收备案 277
10.5.5 验收不合格的整改要求 277
10.6 验收后资料移交与工程移交 278
10.6.1 资料移交 278

10.6.2 工程移交 278
11 结论与建议 279
11.1 结论 279
11.2 建议 279
11.2.1 开工前建议 279
11.2.2 施工过程管理建议 279
11.2.3 后期开发建设建议 279
11.2.4 后续维护建议 281

摘 要

中山市东区起湾北道 142 号之六、七地块位于广东省中山市东区起湾北道 142 号，占地面积51339.30m^2。该地块1992年前为荒地；1992年，凯达公司开工建设，并于1993年正式投产，1993年至2009年在该地块的部分区域从事菊酯类农药、增效醚等产品的生产经营活动。2009年企业改制后，中山凯中有限公司（以下简称“凯中公司”）沿用原有设备和工艺继续生产，2019年4月凯中公司停产，并于2019年11月拆除生产设备。目标地块原土地使用权人为中山市中垣物业拓展有限公司（以下简称“中垣公司”），2021年2月，土地使用权人变更为中山市土地储备中心和中山旭富投资有限公司。

（一）土壤污染状况调查

2019年11月至2020年12月，中山技术中心于对六、七地块进行了土壤污染状况调查，调查结果显示，地块内土壤中铅、汞、苯、甲苯、乙苯、一溴二氯甲烷、氯仿、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯和石油烃（C_{10}-C_{40}）共计12项指标超出对应的筛选值，地下水中苯、甲苯、一溴二氯甲烷、四氯化碳、氯苯、氯仿、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷、1,2-二氯苯、石油烃（C_{10}-C_{40}）、1,1,2,2-四氯乙烷、乙苯、二甲苯、1,1-二氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷共计15项指标超出对应的筛选值，需对上述污染物进行人体健康风险评估。

（二）前期风险评估与修复实施

2021年1月，中山技术中心对本地块开展土壤污染风险评估工作，并于2021年8月完成《中山市东区起湾北道142号之六、七地块土壤污染风险评估报告》（以下简称“《风险评估报告》”）的备案工作。

2021 年 9 月 2 日至 2022 年 6 月 19 日，北京建工环境修复股份有限公司已完成了9 个基坑的相关清挖和修复工作。由于目标地块原土壤污染风险评估报告中土壤和地下水苯等指标风险管控值、修复目标值发生变更，2022 年 1 月，中山市环境保护技术中心重新开展了第二次风险评估工作，按照第二次风险评估的结论，2023 年 5 月 11 日至 2023 年 10 月 26 日，中山公用工程有限公司及广东禹航环境科技有限公司联合体采用原位化学氧化、异位淋洗和水泥窑修复工艺组织并完成了第二阶段的土壤修复工作。

2023 年 4 月和 2025 年 8 月，广东省固体废物和化学品环境中心分别对本地块污染土壤修复效果评估第一阶段、第二阶段报告组织开展专家评审。两阶

段效果评估报告均通过广东省固体废物和化学品环境中心组织的专家评审，专家认为修复效果达标，基坑清挖效果达标，土壤满足回填要求，地下水经一年期监测也达到修复目标。因五地块异味修复效果不明确，效果报告未通过省厅组织的专家评审。鉴于六、七地块和五地块历史生产相同，因此建议同时对六七地块开展异味调查工作。

（三）异味调查工作

依据《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（2021 年 11 月 2 日）、《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》（2021 年 12 月）、《土壤污染源头防控行动计划》（2024 年 11 月 6 日）等政策明确要求“农药原药制造等企业腾退重度污染地块原则上优先拓展生态空间，确需开展土壤污染风险管控和修复的工程，应采取措施严防异味扩散”。为防止因地块后续开发建设造成异味扰民，摸清异味物质分布情况，中垣公司委托生态环境部环境规划院（以下简称“规划院”）开展本地块异味调查工作。2024 年 10 月生态环境部环境规划院受中垣公司委托开展异味调查工作，并编制了《中山市东区起湾北道 142 号之六、七地块土壤异味调查报告》（以下简称《异味调查报告》），且于 2025 年 3 月经专家评审及复核后完成相关备案工作。

《异味调查报告》结果显示：本地块土壤中 1,2-二氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、氯苯和氯仿含量超过第二类用地筛选值，并且氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯苯 3项指标最大浓度均超过第二类用地管制值。地下水中 1,2-二氯苯、甲苯和氯苯含量超过地下水污染风险筛选值（《地下水质量标准》IV 类标准限值）；土壤中甲苯、1,2-二氯苯、氯仿等 3 项指标检出浓度超过其在土壤中的异味物质控制值。

（四）补充修复阶段

针对上述情况，2025 年 5 月 27 日，北建工采用原位化学氧化技术，对超标区域开展补充修复工作。2025 年 7 月，北建工完成五地块补充修复和自验收工作，并提交效果评估单位进行检测验收。效果评估单位随后对地块开展效果评估验收工作，检测验收结果显示，《异味调查报告》中确定的原污染区域的污染土壤均已修复合格，满足修复目标值要求。效果评估单位生态环境部华南环

境科学研究所进行了两个阶段的样品采集工作：2025 年 8 月 8 日-8 月 14 日期间，采集 68 个点位共计 316 件土壤样品（不含平行样），一类用地监测项目为 pH 值、石油烃（C10-C40）、苯、1,2-二氯苯、氯苯；二类用地监测项目为：pH 值、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯苯、氯仿，均满足评价标准。2026 年 1 月 12 日-28 日，采集 193 个点位共计约 900 件土壤样品，监测项目涵盖风评全部关注污染物，检出结果表明均满足评价标准。

（五）规划调整与补充风险评估

2025 年 11 月 20 日，目标地块将原规划用途为居住用地（R）、商业服务业设施用地（B）全部改为公园绿地（G1）和城市道路用地（S1），部分区域用地类型由第一类用地变更为第二类用地。受中山市中垣物业拓展有限公司委托，中山市环境保护科学研究院有限公司协同广东省环境科学研究院（以下简称“评估单位及其协助单位”）在已完成的《异味调查报告》基础上，结合本次规划调整情况，开展地块土壤污染补充风险评估工作。根据补充风险评估报告：本地块超土壤异味物质控制值指标为甲苯、1,2-二氯苯、氯仿，深度为 0.3—12.9m，土壤异味物质控制范围总投影面积约为10426.51 m^2，土方量约为 27655.51 m^3。根据异味物质控制值的计算方法，并结合拟采用的治理工艺：若采取工程阻隔控制方式，则需对土壤气和室外空气进行效果评估。其中，土壤气中异味物质的控制目标分别为：甲苯：0.403 mg/m^3、1,2-二氯苯：0.131 mg/m^3、氯仿：0.544mg/m^3；室外空气中异味物质的控制目标分别为：甲苯：0.403 mg/m^3、1,2-二氯苯：0.131 mg/m^3、氯仿：0.356mg/m^3。

综上，根据补充阶段施工及效果评估结果，《补充风险评估报告》确定的具有人体健康风险需进行修复的土壤污染范围已完成相应施工。效果评估单位对地块开展了效果评估工作，检测验收结果显示，所有污染区的污染土壤均已经修复合格，下一步需要针对土壤异味控制范围进行治理修复工作。

2026年3月，受中山市中垣物业拓展有限公司委托，中山翠亨市政工程有限公司组织技术人员编制了本项目地块的修复方案。修复方案主要内容有：

（1）地块修复模式

通过地块修复实施条件分析，本地块最终确定采用工程阻隔的修复模式。

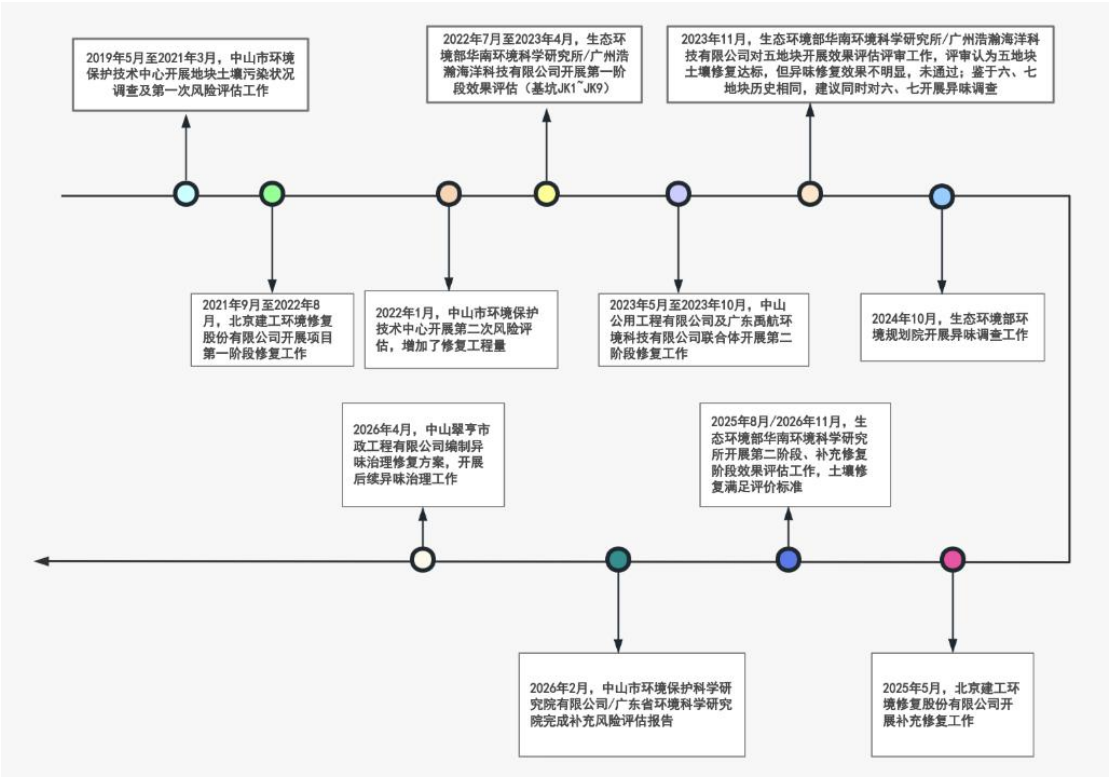
（2）修复技术筛选

根据本项目未来利用规划、土壤异味修复模式、修复技术筛选与可行性评估结果等，确定本项目采用工程阻隔技术进行异味治理。

（3）阻隔技术方案

对地块内土壤异味污染区域采用复合防渗结构，具体为覆盖HDPE（1.5.mm）膜，上下层铺设600g/m^{2}的长丝无纺土工布，上层铺放0.5m粉质粘土清洁土层，由上而下依次建立500mm厚粉质粘土、600g/m^{2}长丝无纺土工布、1.5.mm HDPE防渗膜、600g/m^{2}长丝无纺土工布、原状土层。同时在阻隔区域设置排水沟和集水井进行雨水导排工作。另外，为保证阻隔的完整性，将六七地块红线与拐点垂直连接，并将小块连接成整体形成大区域，并在覆膜覆土区域及连接形成的大区域中间采取覆土措施。

本项目时间轴如下：



11结论与建议

11.1结论

本方案主要为六、七地块异味控制区域实施水平阻隔工作。为消除土壤中1,2-二氯苯、甲苯和氯仿对人体造成的潜在危害，使恢复后的阻隔区土壤气和环境空气达到相关标准限值。

中山市东区起湾北道142号之六、七地块土壤异味控制范围为10426.51m^2，施工阶段预计工期为60个日历日。

最后，本方案通过地块问题识别、治理修复模式与技术筛选、治理修复方案设计、进度计划安排、安全文明施工等方面的工作，丰富了关键技术细节，为下一步工程的顺利开展奠定了坚实的基础。

11.2建议

11.2.1开工前建议

考虑到本项目的衔接性，土壤异味控制过程需要在土壤污染修复治理完成后才能进行，建议治理修复工程开工前，建议建设单位和效果评估单位核准确认已完成的修复区域，确保前期超人体健康风险的土壤修复合格，防止出现污染区域遗漏修复情况。

11.2.2施工过程管理建议

1. 及时覆盖，减少异味暴露。严格膜材保护，铺设前清理尖锐物，铺设后严禁机械碾压，焊缝100%检测。制定雨季及风季预案，锚固沟确保侧向密封。

2. 配备便携式气体检测仪实时监测VOCs，浓度超标立即停工。现场严禁烟火，机械配备防火罩，作业人员佩戴防护面具。

3.扬尘/废气： 配备雾炮机喷洒水雾或除味剂；临时堆土区防尘网全覆盖。

4.废水： 基坑水及初期雨水经收集池沉淀处理后达标回用或纳管，严禁直排。

4.噪声： 选用低噪设备，夜间（22:00-6:00）禁止高噪声作业。

5.固废： 废膜按危险废物管理，委托有资质单位处置；生活垃圾日产日清。

11.2.3后期开发建设建议

1.若地块后期不开发，需做好地块围挡和相关管理，防止人员进入。并做好

阻隔区域工程成品保护，保护防渗系统的完整性，禁止破坏、穿刺等损坏情况，禁止对整个地块进行扰动或开挖。修复责任主体完成修复工作后需将修复工程涉及到的相关地下结构移交至公园管理主体，移交前，由修复责任主体负责地下结构的成品保护及相关工程措施的质量。

2.针对本次异味控制范围的覆土施工区域，公园区域再根据后期所种植物的类别要求的厚度进行覆土种植，参考《修复后场地作为绿地用途的安全利用标准》，若种植乔木，需在原来覆土基础上增加至少1.5m的厚度；若种植灌木，需在原来覆土基础上增加至少0.6m的厚度；若进行地被种植，需在原来覆土基础上增加0.3m厚度。

针对本次异味控制范围以外的区域，在后期公园建设过程中，先覆土 0.5m 作为阻隔层，公园区域再根据后期所种植物的类别要求的厚度进行覆土种植，例如种植乔木在 0.5m 阻隔层上至少增加 1.5m，种植灌木增加 0.6m，种植地被增加 0.3m。

3.基于地块规划为开放式公园绿地与城市道路的前提，并排除了室内暴露途径。虽然评估中已纳入儿童作为敏感受体，为确保人体健康风险长期处于可控范围，建议在后续公园绿地建设中，避免规划可能形成长期室内暴露环境的封闭性建筑，亦不得布局社区公园或儿童公园类设施。

4.根据补充风险评估报告，需对调查地块超出修复目标值的土壤落实相应修复措施，对超第一类用地筛选值但不超第二类用地筛选值（以下简称“超一不超二”）、超第二类用地筛选值但不超修复超修复目标值（以下简称“超二不超修”）的土壤以及超地下水污染风险筛选值区域地下水开展后期环境管理。在土壤污染修复方案经环保部门备案前，土地使用权人应对上述各类区域进行必要的管理和保护，避免受到扰动而影响下一步修复、后期环境管理、工程控制等工作。地块或相邻地块土地使用权人一旦发现土壤，地下水颜色、气味出现异常等情况，应立即报告当地生态环境及相关主管部门，根据实际情况及时采取对应的必要措施，避免对人体身体健康产生不利影响，确保环境安全。

5.移除名录后期环境监管建议

后期建设运营单位应在目标地块移除名录后进行安全利用期间，目标地块建议开展长期环境监测，监测对象应包含地下水和环境空气。原则上长期监测1～2

年开展一次，后期环境监管过程中各类环境要素的监测指标以及评价标准可按照本方案中相关标准执行。在下列情形下，目标地块可终止后期管理工作：

（1）若地块内环境空气污染物含量呈稳态或下降趋势，且检测结果低于相应的评价标准，对地块大气环境质量的后期管理工作可以终止；

（2）后期管理通过至少3~4次的地下水水质监测，结果表明地下水中污染物浓度呈稳态或下降趋势，且检测结果低于GB/T 14848中IV类标准，对地块地下水的后期管理工作可终止；

（3）监测单位在在长期监测过程中若发现地下水污染物浓度呈现明显增高趋势，应告知后期建设运营单位，增加监测频次，必要时终止后期管理工作，采取进一步措施。

若风评管控或者修复工程控制措施未达到预期效果，导致污染物发生不可控的扩散，地块内的地下水、环境空气中特征污染物浓度对周边敏感目标或生态环境产生实际或潜在的重大影响时，应立即启动应急预案。

11.2.4后续维护建议

1.开发避让： 严禁在覆膜区域深开挖或打桩；明确荷载限制，避免不均匀沉降；埋设永久界桩并纳入规划条件。后期开发做好相关保护工作，不得破坏水平阻隔层。

2.应急预案： 若监测发现泄漏，立即查明破损点，通过注浆或药剂临时封堵，并对膜材进行补丁修复。所有监测与维修记录存档备查。