

广州市海珠区南边路 6 号地块

土壤污染风险评估报告

(简本)

土地使用权人：广州纺联进出口有限公司

土壤污染状况调查单位：广东贝源检测技术股份有限公司

编制时间：2022 年 2 月

摘要

一、地块基本情况

地块名称：广州市海珠区南边路 6 号地块。

占地面积：48247m²。

地理位置：位于广州市海珠区南石头街道南边路 6 号，地块中心经纬度坐标为 E 113.253667°、N 23.080608°。

土地使用权人：广州纺联进出口有限公司。

地块土地利用现状：现状为工业用地，已停产拆除，为政府收储用地。

未来规划：参照《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）的分类标准，项目地块规划为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1）。

土壤污染状况初步调查单位：广东贝源检测技术股份有限公司。

调查缘由：项目地块历史上从事过印染行业，其土地使用权拟收回。

二、第一阶段调查

第一阶段调查工作开展时间为 2020 年 12 月~2021 年 1 月。根据调查情况，项目地块原为农田，1956 年 7 月，广州市通过政府划拨海珠区南边路 6 号之二为工业用地，在该地块成立广州纱线漂染厂，1958 年投产，年产纱线漂染 2400t/年。1985 年广州纱线漂染厂扩建并更名为广州东方印染厂，新增厂区东部的农田（南边路 6 号之一）作为工业用地，扩建生产线，年产印染布 1000 万米/年、纱线漂染 3600t/年。1993 年 8 月广州东方印染厂引进外资成立广州南丰印染厂有限公司，利用广州东方印染厂原有的生产厂房和部分设备，产印染布 2400 万米/年、纱线漂染 1500t/年。2005 年利用原广州南丰印染厂的部分设施，在项目地块西侧（南边路 6 号之二）建立广州第一棉纺织厂，年产印染布 1015 万米/年，广州第一棉纺织厂于 2010 年 3 月关停搬迁。2013 年底，项目地块内的部分车间厂房、办公楼作为物业外租为纸业仓库、布匹仓库以及影视创作基地等。由于地块收储工作，2018 年底完成租户清退，项目地块闲置。2020 年 11 月启动项目地块内地表建构筑物设施拆除工作，项目地块现状除门卫值班室、原 1#车间（作为历史风貌建筑保留）外，其余地表建构筑物设施均已拆除。

基于资料分析、现场踏勘及人员访谈等第一阶段污染识别成果，项目地块由于涉及染料、助剂、机油、重油、燃煤等物质，项目地块内土壤污染重点关注区域包括原一棉厂印染车间、原一棉厂炼漂车间、原一棉厂染整车间、原一棉厂浆染车间、原南丰印染厂及东方印染厂印染车间、化学品仓、染化料仓、雕刻车间、油炉房、储油罐及输油管线、生产废水管道及废水处理站、锅炉房/煤堆场/煤渣场及烟气处理区、污泥堆放区、固废房及变电房，需关注的污染物包括镉、砷、六价铬、甲醛、苯酚、苯胺、偶氮苯、石油烃、多环芳烃、多氯联苯、氨氮、硫化物等。

项目地块北部紧邻广东省石油公司昌岗油库、广州锌片厂南厂区，东部紧邻广州冷冻机厂，可能会对地块产生潜在污染，其潜在污染物包括石油烃、氟化物、重金属（砷、镉、铜、锌、汞）、多环芳烃。

三、初步采样调查

第二阶段土壤污染状况调查初步采样时间为 2021 年 1 月~2021 年 3 月，并于 2021 年 6 月~10 月补充采样。

土壤污染状况调查初步采样在项目地块内共布设土壤监测点位 41 个，项目地块外设置 2 个土壤对照点，项目地块内采样深度为 5~8m，共采集土壤样品 212 组，检测项目包括：

- (1) 理化性质（2 项）：pH 值、含水率——212 组土样全测；
- (2) GB36600 表 1 基本 45 项——212 组土样全测；
- (3) 其它污染物：
 - 重金属（2 项）：锌、镉——193 组土样检测；
 - 总氟化物——200 组土样全测；
 - 挥发性有机物（VOCs）（15 项）：1,3,5-三甲基苯、1,2,4-三甲基苯、1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、正丙苯、异丙苯、正丁基苯、叔丁基苯、仲丁基苯、氯乙烷、1,3-二氯丙烷、溴氯甲烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、2-氯甲苯、4-氯甲苯——193 组土样检测；
 - 氟氯烃化合物（2 项）：三氯氟甲烷、二氯二氟甲烷——27 组土样检测；
 - 甲基叔丁基醚：20 组土样检测；

- 半挥发性有机物（25项）：2,4-二硝基甲苯、2,4-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2,4-二硝基苯酚、五氯苯酚、苯酚、2,4-二甲基苯酚、2-甲基苯酚、4-甲基苯酚、4-氯-3-甲基苯酚、2,4,5-三氯苯酚、2-甲基萘、2-氯萘、2,6-二硝基甲苯、偶氮苯、N-亚硝基二正丙胺、N-亚硝基二甲胺、2-硝基苯胺、4-硝基苯胺、4-氯苯胺、六氯苯、六氯乙烷、二（2-氯乙氧基）甲烷；六氯乙烷、六氯丁二烯——185组土样检测；
- 甲醛——155组土样检测；
- 石油烃类：石油烃（C₁₀-C₄₀）——212组土样全测，
石油烃（C₆-C₉）——39组土样检测；
- 多环芳烃（8项）：萘、芴、蒽、荧蒽、芘、苊稀、菲、和苯并[g,h,i]花——26组土样检测；
- 多氯联苯类（12项）：2,3,3',4,4',5,5'-七氯联苯（PCB189）、2,3',4,4',5,5'-六氯联苯（PCB167）、2,3,3',4,4',5'-六氯联苯（PCB157）、2,3,3',4,4',5-六氯联苯（PCB156）、3,3',4,4',5,5'-六氯联苯（PCB169）、2',3,4,4',5-五氯联苯（PCB123）、2,3',4,4',5-五氯联苯（PCB118）、2,3,3',4,4'-五氯联苯（PCB105）、2,3,4,4',5-五氯联苯（PCB114）、3,3',4,4',5-五氯联苯（PCB126）、3,3',4,4'-四氯联苯（PCB77）、3,4,4',5-四氯联苯（PCB81）——17组土样检测。

本次土壤污染状况初步采样调查共布设地下水监测井9口，井深为5~8m，采集地下水样品9组，地下水检测指标与基本土壤一致，

具体包括如下指标：

- (1) 理化性质（4项）：pH值、浊度、氨氮、硫化物；
- (2) GB36600表1基本45项；
- (3) 其它污染物：
 - 重金属和无机物（3项）：锌、镉、氟化物；
 - 挥发性有机物（VOCs）（15项）：1,3,5-三甲基苯、1,2,4-三甲基苯、1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、正丙苯、异丙苯、正丁基苯、叔丁基苯、仲丁基苯、氯乙烷、1,3-二氯丙烷、溴氯甲烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、2-氯甲苯、4-氯甲苯；

- 半挥发性有机物（25项）：2,4-二硝基甲苯、2,4-二氯苯酚、2,4,6-三氯苯酚、2,4-二硝基苯酚、五氯苯酚、苯酚、2,4-二甲基苯酚、2-甲基苯酚、4-甲基苯酚、4-氯-3-甲基苯酚、2,4,5-三氯苯酚、2-甲基萘、2-氯萘、2,6-二硝基甲苯、偶氮苯、N-亚硝基二正丙胺、N-亚硝基二甲胺、2-硝基苯胺、4-硝基苯胺、4-氯苯胺、六氯苯、六氯乙烷、二（2-氯乙氧基）甲烷；六氯乙烷、六氯丁二烯；
- 甲醛；
- 石油烃（C₆-C₉）、石油烃（C₁₀-C₄₀）；
- 多环芳烃（8项）：萘、芴、蒽、荧蒽、芘、苊稀、菲、和苯并[g,h,i]芘；
- 多氯联苯类（12项）：2,3,3',4,4',5,5'-七氯联苯（PCB189）、2,3',4,4',5,5'-六氯联苯（PCB167）、2,3,3',4,4',5'-六氯联苯（PCB157）、2,3,3',4,4',5-六氯联苯（PCB156）、3,3',4,4',5,5'-六氯联苯（PCB169）、2',3,4,4',5-五氯联苯（PCB123）、2,3',4,4',5-五氯联苯（PCB118）、2,3,3',4,4'-五氯联苯（PCB105）、2,3,4,4',5-五氯联苯（PCB114）、3,3',4,4',5-五氯联苯（PCB126）、3,3',4,4'-四氯联苯（PCB77）、3,4,4',5-四氯联苯（PCB81）。
- 氟氯烃化合物（2项）：三氯氟甲烷、二氯二氟甲烷；
- 可吸附性有机卤素（AOX）；
- 甲基叔丁基醚。

根据样品检测分析结果：

（一）地块内初步调查 S2、S19、S35、S37、S40 等 6 个采样点土样中石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、苯并（a）芘超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）相应的二类用地筛选值（其中甲醛的土壤筛选值为基于二类用地计算的风险控制值），最大超标倍数分别为 0.7 倍（石油烃（C₁₀-C₄₀））、0.2 倍（甲醛）、0.2 倍（苯并（a）芘），其余各项指标均低于相应的第二类用地筛选值；此外，总氟化物、铅、六价铬、镍、镉超第一类用地筛选值未超第二类用地筛选值，最大超第一类用地筛选值倍数分别为 1.0 倍（总氟化物）、0.3 倍（铅）、0.4 倍（六价铬）、0.8 倍（镍）、1.8 倍（镉）。

（二）地块初步调查地下水样品中，pH 值、氟化物、氨氮、硫化物、甲醛、砷、镉等指标存在不同程度的**超标**，氟化物、氨氮、硫化物、甲醛、砷、镉最

大分别超标 1.7 倍、22.3 倍、101.0 倍、0.7 倍、2.0 倍、1.6 倍，其余各项指标均低于相应的地下水污染筛选值，其余各项指标均低于相应的地下水污染筛选值。

四、详细采样调查

第一轮土壤详细采样时间为 2021 年 3 月 30 日~4 月 12 日，共布设土壤监测点位 38 个，最大采样深度为 6.1m，采集土壤样品 225 组，检测项目为石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、苯并（a）芘；第二轮详细采样时间为 2021 年 4 月 19 日~6 月 18 日，共布设土壤监测点位 12 个，采样深度为 4.4m，采集土壤样品 50 组，检测项目为石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯并（a）芘；并于 2021 年 7 月~11 月先后进行第三轮~第六轮详细采样，检测项目包括甲醛、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯并（a）芘、总氟化物、六价铬、砷、镉、铅、镍。

详细调查期间共布设地下水监测井 19 个，采集地下水样品 19 组，检测项目为 pH 值、浊度、氟化物、甲醛、砷、镉、可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、氨氮、硫化物。

（一）根据详细采样阶段土壤样品检测分析结果：1 个监测点位（2S3，成品仓）1 个土壤样品 2S3/1.3-1.4m 中的苯并（a）芘超第二类用地筛选值，超筛选值倍数为 3.9 倍，超筛选值样品采样深度为 1.3-1.4m；1 个监测点位（2S14）1 个土壤样品中的石油烃（C₁₀-C₄₀）超第二类用地筛选值，超筛选值倍数为 1.11 倍，超筛选值样品最大采样深度为 0.1-0.2m；详细调查共采集 629 个土样检测甲醛，其浓度范围为 0.05~74.7mg/kg，全部土样均有检出，7 个土样超过基于风险评估推导的第二类用地筛选值（36.6mg/kg），甲醛超第二类用地筛选值主要位于漂染车间、印染车间内、中间仓、生产污水管道沿线、污水处理站、原助剂仓等区域。经排查，初步调查铅超标属于异常点，其超标不具有代表性。

（二）综合初步调查及详细调查阶段对项目地块地下水的采样检测结果，项目地块含水层上部地下水中，W3、W5、W7、W8、W9、2W1、2W3、2W5、2W6、2W7、2W9 等 11 个监测井水样中氟化物、甲醛、砷、镉超过相应的 IV 类水筛选值，最大超标倍数分别为 1.7 倍（氟化物，W3）、0.7 倍（甲醛，W9）、7.6 倍（砷，W5）、1.6 倍（镉，W3）。此外，除 W2、W4、2W2、2W4、W8 外，地块内 14 口地下水监测井氨氮全部超过 IV 类水标准，最大超标 22.3 倍；W9、2W3、2W5、2W7、2W9 等 5 口地下水监测井硫化物超过 IV 类水筛选值。

五、风险评估结论

（一）地块污染风险水平

基于第二类用地方式情景下，项目地块土壤关注污染物中苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛对人体健康风险**超过**可接受水平，其中：苯并（a）芘的致癌风险水平为 4.78E-06（大于 1.00E-06），非致癌危害商为 2.49E-06（小于 1）；石油烃（C₁₀-C₄₀）的非致癌危害商为 2.13（大于 1）；甲醛的致癌风险水平为 2.05E-06（大于 1.00E-06），非致癌危害商为 2.43E-01（小于 1）。因此，项目地块土壤污染存在较大风险，超过可接受水平，需根据地块实际情况进行进一步分析，确定修复/风险管控目标值，需采取必要的风险管理手段。

不直接饮用情景下，项目地块地下水关注污染物甲醛、氟化物、砷、锑对人体健康风险可接受。地下水中锑污染物非致癌危害商为 7.29E-08（小于 1）；砷污染物致癌风险为 8.50E-12（小于 1.00E-06）、非致癌危害商为 2.41E-07（小于 1）；甲醛致癌风险水平为 3.87E-10（小于 1.00E-06）、非致癌危害商为 2.50E-05（小于 1）。

（二）场地修复/管控目标与修复/管控范围

基于人体健康风险评估结果，建议的苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛土壤修复/管控目标值分别为 1.53mg/kg、4500mg/kg、36.6mg/kg。

基于分层计算的污染土壤修复/管控范围空间叠加后，项目地块污染土壤修复/管控总投影面积为 5170m²，总方量为 5991m³，总修复/管控深度为 0-7.5m。

1. 项目概况

1.1 项目背景

广州市海珠区南边路6号地块（简称“项目地块”）位于广州市海珠区南石头街道南边路6号，地块中心经纬度坐标为E 113.253667°、N 23.080608°，项目地块占地面积48247m²。项目地块历史沿革清楚：1）项目地块原为农田；2）1956年7月成立广州纱线漂染厂，1958年投产，年产纱线漂染2400t/年；3）1985年广州纱线漂染厂扩建并更名为广州东方印染厂，年产印染布1000万米/年、纱线漂染3600t/年；4）1993年8月广州东方印染厂引进外资成立广州南丰印染厂有限公司，年产印染布2400万米/年，纱线漂染1500t/年；5）2005年在项目地块西侧建立广州第一棉纺织厂，年产印染布1015万米/年，其中牛仔布923.4万米/年、装饰布91.7万米/年；6）广州第一棉纺织厂于2010年3月关停搬迁，此后地块闲置，2013年底，项目地块内的部分车间厂房、办公楼作为物业外租为纸业仓库、布匹仓库以及影视创作基地等；7）由于地块收储工作，2018年底完成租户清退，项目地块闲置。项目地块为广州市政府收储用地，本次土壤污染状况初步采样调查前，项目地块内主体建构物设施已拆除（原1号车间除外，该建筑为广州市第三批历史建筑（编号为GZ 03 0032）。

根据广州市海珠区土地利用相关规划，参照《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）的分类标准，项目地块规划为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1）。

依据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月）、《污染地块土壤环境管理办法》（部令第42号）、《土壤污染防治行动计划》（国发[2016]31号）、《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）、《广东省土壤污染防治2020年工作方案》等相关文件规定与要求，工业企业场地再开发利用前应完成场地环境调查和风险评估工作，属于污染地块的应编制治理修复方案并开展修复工作，在完成地块修复后方可全面开展再开发利用工作。

为识别目标地块是否存在可能的污染，确认目标地块是否需要详细调查及风险评估或修复，2020年12月，广东贝源检测技术股份有限公司（“调查

单位”)受广州纺联进出口有限公司(“土地使用权人”)委托对项目地块进行土壤污染状况初步调查工作。根据国家和地方场地环境调查相关技术规范的要求,调查单位于2020年12月~2021年1月通过现场踏勘、资料收集与分析、人员访谈制定采样方案,2021年1月~2021年2月现场采样、样品检测和数据分析等工作,识别项目地块土壤和地下水污染状况,编制《广州市海珠区南边路6号地块土壤污染状况初步调查报告》,项目地块土壤污染状况初步调查表明:项目地块土壤中石油烃(C₁₀-C₄₀)、甲醛、苯并(a)芘超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)相应的二类用地筛选值(其中甲醛的土壤筛选值为基于二类用地计算的风险控制值);地块初步调查地下水样品中氟化物、甲醛、砷、锑存在不同程度超过《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)IV类水标准(其中甲醛的评价标准为生活饮用水卫生标准),项目地块内土壤及地下水污染可能存在不可接受风险,需要按照《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估技术要点》、《建设用地土壤污染防治 第1部分:土壤污染状况调查技术规范》(DB4401/T 102.1)开展人体健康风险评估工作,进一步识别项目地块土壤污染状况和人体健康风险水平,为地块开发再利用提供合理依据。

为进一步识别目标地块土壤污染状况及潜在环境风险,2021年3月,广东贝源检测技术股份有限公司受广州纺联进出口有限公司委托对项目地块进行土壤污染状况详细调查工作,根据国家和地方场地环境调查相关技术规范的要求,通过危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征等工作,识别项目地块土壤和地下水污染人体健康风险,编制《广州市海珠区南边路6号地块土壤污染状况人体健康风险评估报告》,(简称《风评报告》,广州市环境技术中心于2021年7月20日组织专家对《风评报告》)进行评审,评审会后,土壤污染状况调查单位根据专家评审意见,对项目地块进行补充采样分析,并修改完善《风评报告》;广州市环境技术中心于2021年11月9日组织专家对《风评报告》进行第二次评审,评审会后,土壤污染状况调查单位根据专家评审意见,对项目地块进行补充采样分析,进一步修改完善《风评报告》,为地块下一步工作提供依据。

1.2 调查范围

项目地块位于广州市海珠区南边路 6 号，根据《国有土地使用权收储补偿协议》（2018 年 2 月），项目地块占地面积为 48247m²。

2. 地块概况

2.1 区域自然环境概况

2.1.1 地理位置

项目地块位于广州市海珠区西侧，地址为广州市海珠区南石头街道南边路6号，地块中心经纬度坐标为 E 113.253667°、N 23.080608°。

项目地块四至范围如下：

-北：北侧为原中石油昌岗油库、广州锌片厂南区拆迁安置小区，再以北为昌岗西路；
-东：东侧紧邻世联空间创业社区、南石头街道庄头社区，再以东为南边路；
-南：南侧紧邻北降涌，再以南为南泰路、圣火足球公园；
-西：西侧紧邻珠江航道。

2.1.2 场地水文地质条件

2.1.2.1 场地地层岩性

项目地块位于珠江旁的的河流冲积层。根据本次土壤污染状况初步调查现场地质钻探（钻探深度最深 8.0m）及土工测试结果，厂区岩性结构趋势大致相同，按照岩性特征、埋藏分布和工程特性指标等情况，项目地块从上至下可划分为填土、淤泥质砂土、淤泥质粘土、粉质粘土等 4 个土层，其地质特征详述如下：

(1) 填土

该层广泛分布在厂区内，呈杂色，含砂砾、建筑砖渣等，松散，干~潮，层厚 2.5~4.5m，层底埋深 2.5~4.5m。填土层表层含砂砾、建筑砖渣等，中下层以素填土为主，东北部（成品仓附近）等部分区域含粉煤灰、煤渣等。素填土主要来源于周边农田，粉煤灰、煤渣主要来自于项目地块内早期燃煤废物，建筑砖渣主要为项目地块 2020 年 11 月建筑拆除后的地表平整。

(2) 淤泥质砂土

该层分布于杂填土层下，在厂区内分布广泛，呈黑褐色，稍密实，含粗砂，级配中，湿至潮，层厚 1.2~2.0m，层底埋深 2.5~4.5m。

(3) 淤泥质粘土

该层多分布于淤泥质砂土层下，局部地区该层缺失，呈灰黑色，密实，可塑，潮，层厚 1.5~1.8m，层底埋深 3.6~5.4m。

(4) 粉质粘土

该层多分布于淤泥质砂土层下，局部地区粉土层缺失，直接伏于填土层下，粉质粘土呈褐黄色，可塑，局部含粉土块，层厚 0.7~4.6m，层底埋深 4.6~8.0m。

2.1.2.2 场地水文地质条件

项目地块浅层地下水主要为第四系孔隙水，水量一般，主要赋存于人工填土层下部、粉质黏土层之间，粉质粘土层为弱透水层。浅层地下水主要靠大气降水和地表水补给，排泄方式主要为径流排泄和蒸发排泄，地下水的水质与水量均受降水、径流影响较大，地下水与地表水水力联系密切。同时，项目地块处于珠江感潮河段，地下水水文地质条件受潮汐影响也较大。

初步调查监测期间，地下水埋深为 1.23~4.80m，平均埋深为 2.20m，整体来看项目地块浅层地下水自东北流向西南，即整体向西侧的珠江及南部的北降涌排泄。

2.2 地块现状

项目地块现状为政府收储用地，已全部停产，本次土壤污染状况初步采样调查前，项目地块内主体建构物设施已拆除（原 1 号车间除外，该建筑为广州市第三批历史建筑（编号为 GZ 03 0032））。

2.3 地块历史

（1）地块历史沿革概述

项目地块历史沿革清晰，自农田开发利用建厂后可以分为 7 个阶段，简述如下：

1) 农田阶段（~1958 年）

根据项目地块所在区域 1955 年航拍图及人员访谈等信息，项目地块及周边临近区域原为农田。

2) 广州纱线漂染厂（1958 年~1985 年）阶段

1956 年 7 月，广州市通过政府划拨海珠区南边路 6 号之二（地块西半部分）作为工业用地，在该地块成立广州纱线漂染厂，1958 年投产，年产纱线漂染 2400t/年。原广州纱线漂染厂（南边路 6 号之二）北侧紧邻广东省石油公司贮油所用地，东部为南边村农田，南侧隔北降涌与广州造纸厂木场相望，西侧紧邻珠江。

1985 年原广州纱线漂染厂扩建并更名为广州东方印染厂，新增厂区东部的农田（南边路 6 号之一）作为工业用地，扩建生产线，年产印染布 1000 万米/年、纱线漂染 3600t/年。扩建后，原广州东方印染厂（南边路 6 号之一、南边

路 6 号之二) 北侧紧邻广东省石油公司昌岗贮油所、广州锌片厂用地, 东侧为广州冷冻机厂, 南侧隔北降涌与广州曙光铸造厂及广州造纸厂木场相望, 西侧紧邻珠江。

3) 广州南丰印染厂 (1993 年~2004 年) 阶段

1993 年 8 月广州东方印染厂引进外资成立广州南丰印染厂有限公司, 广州东方印染厂将大部分纱线漂染设备外迁至广州市白云区, 淘汰部分氧漂机、液流染色机、热定型机、卷染机、绳状洗水机、辊筒印花机、宽幅蒸化机等设备。广州南丰印染厂设在项目地块内, 利用广州东方印染厂原有的生产厂房和部分设备, 引进配套部分先进设备, 托大印染布生产、淘汰部分纱线漂染产能, 年产印染布 2400 万米/年、纱线漂染 1500t/年。此后由于产业结构调整, 原广州南丰印染厂 2004 年停产。

4) 广州第一棉纺织厂 (2005 年~2010 年) 阶段

2005 年在拆除地块西侧三栋厂房的基础上, 在项目地块西侧 (南边路 6 号之二) 建立广州第一棉纺织厂, 年产印染布 1015 万米/年, 其中牛仔布 923.4 万米/年、装饰布 91.7 万米/年。按照《关于推进市区产业“退二进三”工作的意见》(穗府〔2008〕8 号) 等相关文件要求, 广州第一棉纺织厂于 2010 年关停搬迁。闲置及临时外租阶段 (2010 年~2018 年)

广州第一棉纺织厂关停搬迁后, 项目地块闲置。2013 年起, 项目地块内的成品仓、印染车间厂房、办公楼作为物业外租为纸业仓库、布匹仓库以及影视创作基地等。由于地块收储工作, 2018 年底完成租户清退, 项目地块闲置。

5) 拆除平整、收储闲置阶段 (2018 年~至今)

土地使用权人于 2019 年委托有资质的第三方对地块内遗留的危险废弃物进行无害化处置。2020 年 11 月项目地块启动构筑物设施拆除工作, 2021 年 3 月完成除原 1 号车间 (作为历史风貌建筑保留)、门卫和值班室外, 其它建构筑物设施均已拆除。

2.4 相邻地块现状及历史

2.4.1 相邻地块用地历史

参照项目地块所在区域历史地形图、历史卫星遥感影像图等资料, 结合人员访谈, 项目地块及周边临近区域原为农田, 自 1950 年代开始先后建设有广东

省石油公司贮油所（后更名为广东省石油公司昌岗油库）、广州冷冻机厂、广州锌片厂南厂区等，其中 1959 年历史地形图中所示的新生炼钢厂并未在该处实际投产运行。广东省石油公司昌岗油库、广州锌片厂南厂区位于项目地块北部，广州冷冻机厂位于项目地块东部。

项目地块相邻地块用地历史具体如下：

（1）广东省石油公司昌岗油库

广东省石油公司昌岗油库紧邻项目地块北侧，该区域原为农田，据《广州中心城区滨水旧工业区更新研究》[D]（张弘，2019）¹等相关资料，1950 年代广东省石油公司在项目地块北侧、昌岗西路 1 号大院内建立广东省石油公司贮油所，主要贮存重油、机油、柴油及汽油，其储油罐距离项目地块北厂界约 150m，1978 年左右昌岗油库扩建储油罐区，南部油罐距离项目地块北厂界约 100m。广东省石油公司昌岗油库仅涉及油品储存，不进行油品加工生产。广东省石油公司昌岗油库于 2016 年列入广州市市级第三批历史建筑。在计划更新的名单中，昌岗油库由政府主导开发，计划建设成为广州工业博物馆。

昌岗油库共有 3 个储油管区：罐区 1 位于昌岗油库北部，包括 5 个 5000m³ 地面立式储油罐、4 个 2000 m³ 地面立式储油罐、15 个 20 m³ 架空卧式储油罐，储存油品为重油、柴油、汽油。罐区 2 位于昌岗油库北部，包括 16 个 40 m³ 地面卧式储油罐，主要储存润滑油。罐区 3 位于昌岗油库中南部，包括 15 个 500 m³ 地面立式储油罐、4 个 1000 m³ 地面立式储油罐，主要储存机油。

（2）广州锌片厂南厂区

广州锌片厂南厂区紧邻项目地块北侧，该区域原为农田，1970 年广州锌片厂在项目地块北侧建立广州锌片厂南厂区，主要用于生产铝和铝制品。2000 年 10 月，广州锌片厂转制重组成立广州市腾业锌材有限公司。因广州市“三旧”项目改造工作推进的需要，广州市腾业锌材有限公司于 2007 年搬迁出市区。随后场地处于空置，2009 年场地内建筑物拆除后，广州锌片厂南区作为公安交警支队违法及事故车辆停车场使用。2013 年，根据广州市土地管理委员会 2013 年第四次会议决定，广州锌片厂（南区）保障性住房地块将由广州市土地开发中

心自行建设安置房，用地性质由工业用地变住宅用地。2013 年该场地进行了车辆的清场工作，此后地块闲置。

（3）广州冷冻机厂

广州冷冻机厂位于海珠区南边路 38 号，始建于 1968 年，作为全国十大冷冻机厂之一，主要生产工业和民用业空调设备、轨道车辆空调产品。广州冷冻机厂位于项目地块东部，距项目地块最近距离约 10m。2001 年 3 月，经广州市政府部门批准，原国有企业广州冷冻机厂改制为民营企业“广州冷冻机有限公司”。广州冷冻机有限公司在产品方面，新公司舍弃了原来广州冷冻机厂的工业和民用业空调设备等非轨道车辆空调产品，集中优势力量，专门从事铁路机车车辆、地铁车辆和轻轨车辆空调系统的开发和生产，在轨道车辆空调方面做精做强，成为轨道车辆空调专业化的研发和生产基地。为了满足市场发展的需要、增加企业竞争力，公司又于 2003 年 4 月进行了资产重组，并进行股份制改造，整体变更成立广州中车轨道交通装备股份有限公司，是铁道部机车、车辆空调的定点生产厂家，地铁车辆空调系统国产化配套厂家之一。由于海珠区实施“退二进三”工作，广州中车轨道交通装备股份有限公司南边路厂区于 2009 年左右整体关停搬迁。2011 年原广州冷冻机厂（南边路 38 号）经改造后外租为商务办公，作为世联空间创业社区。

2.4.2 相邻地块现状

（1）广东省石油公司昌岗油库

广东省石油公司昌岗油库于 2016 年列入广州市市级第三批历史建筑。在计划更新的名单中，昌岗油库由政府主导开发，计划建设成为广州工业博物馆，

（2）广州锌片厂南厂区

目前广州锌片厂南区地块现状为安置房建设用地，大部分区域为裸露土地，小部分区域为混凝土硬化地面，地块内所有建筑均已拆除，场内仅存几排活动板房。

（3）广州冷冻机厂

2011 年原广州冷冻机厂（南边路 38 号）经改造后外租为商务办公，现状为世联空间创业社区。

2.5 地块未来土地利用规划

根据《关于商请协助提供部分地块现行控制性详细规划情况的复函》（广州市规划和自然资源局海珠区分局，2019年7月3日）、《广州市规划和自然资源局政府信息公开申请告知书》（穗规划资源公开[2021]1217号），参照《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）的分类标准，项目地块规划为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1）。

3. 土壤污染状况调查回顾与总结

3.1 地块污染识别

3.1.1 重点区域识别

基于资料分析、现场踏勘及人员访谈等第一阶段工作成果综合分析，项目地块历史生产可能会对土壤及地下水造成污染，潜在污染源、疑似污染区域及潜在污染物分析如下：

原一棉厂印染车间、原一棉厂炼漂车间、原一棉厂染整车间、原一棉厂浆染车间、原南丰印染厂及东方印染厂印染车间、化学品仓、染化料仓：上述区域历史上进行漂染、印染活动，涉及各种染料和助剂的暂存、使用，其“跑冒滴漏”可能渗入土壤地下水，进而导致土壤地下水污染，潜在污染物为锑、六价铬、苯胺、偶氮苯、苯酚、甲醛、氨氮、硫化物等。

雕刻车间：印花花筒雕刻过程中产生含六价铬废水，其跑冒滴漏可能会造成土壤地下水污染。

油炉房：导热油炉采用矿物型导热油作为高温导热介质，导热油“跑冒滴漏”的情况下，通过入渗的途径污染土壤及地下水，其潜在污染物包括石油烃。

储油罐及其输油管线：包括西北部储油罐、西南部储油罐、老发电机房储油罐、新发电机房储油罐，均为地上式储油罐。北部储油罐及南部储油罐通过架空敷设输油管向锅炉房供应燃油。发电机房储油罐均通过地上管道供应就近的发电机房用油。重油、柴油的储存、输送过程中跑冒滴漏的情况下，通过入渗的途径污染土壤及地下水，其潜在污染物为石油烃类。

生产废水管道及废水处理站：废水处理站涉及印染废水、漂染废水、雕刻废水等生产废水的收集、处理，生产废水中含有种类多样的残留染料及助剂，废水管道及池体使用时间长，“跑冒滴漏”的可能性大，废水中的污染物通过下渗的途径污染土壤及地下水，其潜在污染物包括重金属铬、砷、苯胺、偶氮苯、甲醛、苯酚类、氨氮、硫化物等。

锅炉房、煤堆场、煤渣场及烟气处理区：由于原煤及煤渣中含有重金属（砷、汞、镍、镉、铅等）、多环芳烃等，可能会渗入土壤地下水造成污染。

污泥堆放区及废水总排口：污水处理站西侧设有污泥堆放区，污泥中可能含有残留的镉、砷、铬、甲醛、苯酚、苯胺、偶氮苯、石油烃、氨氮、硫化物等潜在污染物，通过入渗污染土壤地下水。

固废房：固废房位于地块东北部，用于存放废染料及助剂包装桶、废机油等固体废物，可能会对土壤地下水造成镉、甲醛、苯酚、苯胺、偶氮苯、石油烃污染。

变电房：地块中部设有变电房，变压器中含有变压器油，变压器油中含有多氯联苯等物质组成，可能会渗入土壤地下水造成污染。

项目地块北部紧邻广东省石油公司昌岗油库、广州锌片厂南厂区，东部紧邻广州冷冻机厂，可能会对地块产生潜在污染，其潜在污染物包括石油烃、甲基叔丁基醚、氟化物、重金属（砷、镉、铜、锌、汞）、多环芳烃。

经污染识别，项目地块存在潜在污染，需要开展土壤污染状况初步调查工作，确定场地是否污染及污染物的种类、污染程度及污染分布情况。

3.1.2 潜在污染物分析

项目地块由于涉及染料、助剂、机油、重油、燃煤等物质，可能会对土壤地下水造成锑、砷、铬、甲醛、苯酚、苯胺、偶氮苯、石油烃、多环芳烃、多氯联苯等潜在污染。

锑：锑化合物（醋酸锑或乙二醇锑）是纺织行业原材料聚酯纤维（即涤纶工业丝）生产过程中常用的催化剂，锑化合物常残留在涤纶织物面料中，并在后续的退浆、碱减量、染色等印染工序中大量释放出来，进入生产废水中，释放量与布料染色过程中所加的强碱、染料、助剂及高温环境有关。温度越高、操作时间越长，锑的释放量也越多。生产废水中的重金属锑可能会对土壤地下水造成污染。

重金属（砷、汞、镍、镉、铅）：燃煤中含有重金属砷、汞、镍、镉、铅等，在堆放过程中受降雨径流冲刷释放，通过入渗途径可能会对土壤地下水造成污染；燃煤燃烧后产生含砷及其化合物烟尘颗粒，随大气沉降，可能会导致土壤地下水污染。

重金属铬（六价铬）：纱线漂染、布匹印染过程中使用重铬酸钾作为媒染剂，重金属六价铬进入漂染废水、印染废水中；此外，印花花筒上一般含有重金属铬保护层，在花筒蚀刻过程中容易释放出六价铬，进入生产废水中，通过入渗途径可能导致土壤地下水污染。

甲醛：项目地块历史生产过程中，所使用的树脂整理剂等助剂可能含有甲醛，助剂中的甲醛进入生产废水中，通过入渗途径可能会对土壤地下水造成污染。

苯酚：常用于纺织原料（棉纤维）、半成品（如坯布）、成品的贮存、上浆过程的防腐剂及印花浆中做增稠剂、匀染剂等。进入生产废水中，通过入渗可能会导致土壤地下水污染。

苯胺：漂染过程中使用的直接染料、还原染料和硫化染料在高温条件下可能分解产生少量苯胺，进入生产废水中，通过入渗可能会导致土壤地下水污染。

偶氮苯：漂染过程中使用的偶氮类直接染料含有偶氮基团，在高温条件下可能分解产生少量偶氮苯，进入生产废水中，通过入渗可能会导致土壤地下水污染。

石油烃：主要来自于机油、燃料油和导热油。机器设备中的润滑油、机油等矿物油主要成分为石油烃；锅炉燃料重油的主要成分为石油烃物质；热油炉中的导热载体为矿物型导热油，矿物型导热油是以石油为原料，经过蒸馏等工艺制造而成的，其主要成分为石油烃，导热油使用温度约为 300℃。机油、重油、导热油等油品在“跑冒滴漏”情况下通过入渗可能导致土壤地下水污染，特征污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）。

多环芳烃：项目地块涉及多环芳烃的物质主要有燃煤、重油。燃煤燃烧后生产含多环芳烃物质（如苯并（a）芘等）的烟尘，随大气沉降可能导致土壤地下水污染；重油是原油提取汽油、柴油后的剩余重质油，主要成分为石油烃，此外还含有多环芳烃类物质，重油在存储及管道输送过程中“跑冒滴漏”情况下可能通过入渗导致土壤地下水污染。

多氯联苯：主要来自于变压器绝缘油。

氨氮：印染生产过程中涉及硫化染料、还原染料等纺织印染化学品的使用，染料在使用过程中可能分解产生氨氮等废物进入生产废水中，废水收集管道、废水池体等设施在跑冒滴漏的情况下通过入渗污染地下水。

硫化物：印染生产过程中涉及硫化染料、连二亚硫酸钠等纺织印染化学品的使用，可能分解产生硫化物等废物进入生产废水中，废水收集管道、废水池体等设施在跑冒滴漏的情况下通过入渗污染地下水。

2) 来自项目地块外潜在污染物识别

项目地块北部紧邻广东省石油公司昌岗油库、广州锌片厂南厂区，东部紧邻广州冷冻机厂，可能会对地块产生潜在污染，其潜在污染物包括石油烃、甲基叔丁基醚、三氯氟甲烷、二氯二氟甲烷及氟化物、重金属（砷、镉、铜、锌、汞）、多环芳烃。

石油烃：昌岗油库储存有重油、柴油、机油及汽油等物质，主要成分为石油烃；北部的广州锌片厂南厂区厂内设有重油储罐；东部的广州冷冻机厂生产空调制冷设备过程中，涉及金属材料机加工用油（如润滑油、机油等）。重油、

柴油、机油等储存、使用过程中，可能由于设备老化、事故等“跑冒滴漏”进入土壤、渗入地下水，随地表径流、地下水迁移进入项目地块，造成项目地块土壤地下水污染，潜在污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）、石油烃（C₆-C₉）。

甲基叔丁基醚：地块北部的昌岗油库历史上涉及汽油的储存，由于汽油中可能含有汽油添加剂甲基叔丁基醚，汽油储存过程中可能由于设备老化、事故等“跑冒滴漏”进入土壤地下水，随地表径流、地下水迁移进入项目地块，造成项目地块土壤地下水污染，潜在污染物为除石油烃外，还涉及甲基叔丁基醚。

氟化物：项目地块东部的广州冷冻机厂可能涉及含氟制冷剂，其特征污染物为三氯氟甲烷、二氯二氟甲烷及氟化物。

重金属（砷、镉、铜、锌、汞）、多环芳烃（苯并(a)蒽、蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘和二苯并(a,h)蒽）：根据《广州锌片厂南区保障性住房地块场地环境详细调查机风险评价报告》（北京建工环境修复股份有限公司，2014年）：广州锌片厂南区保障性住房地块场地土壤中重金属（砷、镉、铜、锌、汞）、多环芳烃（苯并(a)蒽、蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘和二苯并(a,h)蒽）和石油烃总量（TPH）等污染物存在不同程度超标，污染物可能会随地表径流及地下水迁移进入项目地块，造成项目地块土壤地下水污染。

3) 潜在污染物识别

综合分析项目地块及其周边地块历史生产活动情况进行梳理表明，项目地块潜在污染物主要包括：重金属（镉、砷、铬、镉、铜、锌、汞等）、甲醛、苯酚、芳香胺类、石油烃、多环芳烃、多氯联苯、三氯氟甲烷、二氯二氟甲烷及氟化物等。

3.2 初步采样调查结论

本次调查土样检测的各项指标中，S2、S19、S35、S37、S40等6个土样中石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、苯并（a）芘超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）相应的二类用地筛选值（其中甲醛的土壤筛选值为基于二类用地计算的风险控制值），最大超筛选值倍数分别为0.70倍、0.2倍、0.20倍，超筛选值样品最大采样深度分别为2.4m、2.9m、

3.1m、3.6m、0.2m。此外，土壤中铈、镍、六价铬、总氟化物不同程度超过相应的第一类用地筛选值、未超过第二类用地筛选值。

本次调查地下水检测的各项指标中，地下水中 pH 值、氟化物、氨氮、硫化物、甲醛、砷、锑等指标存在不同程度的**超标**，氟化物、氨氮、硫化物、甲醛、砷、锑最大分别超标 1.7 倍、22.3 倍、101.1 倍、0.7 倍、2.0 倍、1.6 倍，其余各项指标均低于相应的地下水污染筛选值，其余各项指标均低于相应的地下水污染筛选值。

3.3 第二阶段调查采样调查总结

3.3.1 土壤污染特征分析总结

根据第二阶段初步采样及详细采样结果汇总，土壤样品所检测分析的各项指标中，苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛超过第二类用地筛选值，总氟化物、铅、六价铬、镍、锑不同程度超过第一类用地筛选值未超过第二类用地筛选值。

（1）苯并（a）芘

第二阶段全场共采集 294 个土样检测苯并（a）芘，共 2 个土孔 2 个土样超标，最大检测浓度未 7.3mg/kg，最大超第二类用地筛选值 3.9 倍。苯并（a）芘超标点位均位于地块东北部成品仓及其临近区域。

（2）石油烃（C₁₀-C₄₀）

第二阶段全场共采集 522 个土样检测石油烃（C₁₀-C₄₀），共 2 个土孔 2 个土样超标，最大检测浓度为 9480mg/kg，最大超第二类用地筛选值 1.1 倍。石油烃（C₁₀-C₄₀）浓度高（超第二类用地筛选值）的点位主要集中在油炉房及其附近（S40、2S14），且其最大浓度均出现在表层土（0.1-0.2m）。石油烃（C₁₀-C₄₀）浓度超第一类用地筛选值但低于第二类用地筛选值的采样点位包括 S2、S6、S9、S18、S35、S36、S37、2S13、2S45，主要集中在油炉房、油罐区以及废水处理站等区域，超筛选值土层埋深较浅，超筛选值最大深度为 2.4m，主要集中在 0~2.0m 浅层土。

（3）甲醛

第二阶段全场共采集 784 个土样检测甲醛，最大检测浓度为 74.7mg/kg，共 11 个土样超第二类用地筛选值（36.6mg/kg），最大超标 1.0 倍。共 34 个土孔

56个土样超第一类用地筛选值，最大超第一类用地筛选值3.7倍。甲醛超二类用地筛选值点位包括S19、S35、S37、2S65、2S67、2S70、2S72、2S89，甲醛超第一类用地筛选值未超第二类用地筛选值的点位（S7、S11、S13、S28、S29、S30、S31、S34、S38、2S30、2S31、2S33、2S36），污染点位主要位于一棉厂印染车间内、临近原东方印染厂中间仓、生产污水管道沿线、污水处理站、原助剂仓等区域。

3.3.2 地下水污染特征分析

3.3.2.1 含水层上部地下水污染特征

综合初步调查及详细调查阶段对项目地块地下水的采样检测结果，项目地块含水层上部地下水中，W3、W5、W7、W8、W9、2W1、2W3、2W5、2W6、2W7、2W9等11个监测井水样中氟化物、甲醛、砷、镉超过相应的IV类水筛选值，最大超标倍数分别为1.7倍（氟化物，W3）、0.7倍（甲醛，W9）、7.6倍（砷，W5）、1.6倍（镉，W3）。此外，除W2、W4、2W2、2W4、W8外，地块内14口地下水监测井氨氮全部超过IV类水标准，最大超标22.3倍；W9、2W3、2W5、2W7、2W9等5口地下水监测井硫化物超过IV类水筛选值。

(1) 地下水氟化物污染特征分析

全场 19 个地下水监测井中，W3/S9、W9/S35 等 2 个监测井水样氟化物超 IV 类水筛选值，氟化物浓度分别为 5340 $\mu\text{g/L}$ 、3080 $\mu\text{g/L}$ ，其中 W3/S9 位于原纱线漂染车间内，W9/S35 位于原废水处理站调节池内。W3/S9、W9/S35 的水土共点 S9、S35 土样中总氟化物浓度均未超过第一类用地筛选值。

(2) 地下水甲醛污染特征分析

全场 19 个地下水监测井中，W5/S18、W8/S33、W9/S35、2W1 等 4 个监测井水样甲醛超 IV 类水筛选值，甲醛超标浓度范围为 1000 $\mu\text{g/L}$ ~1510 $\mu\text{g/L}$ ，其中 W5/S18 位于原柴油罐西南下游约 1m，W8/S33 位于原发电机房柴油储罐处，W9/S35 位于原废水处理站调节池内，2W1 位于地块南部厂区道路、临近污水管线。W9/S35 的水土共点 S35 土样中甲醛浓度超过第一类用地筛选值、未超过第二类用地筛选值。W5/S18、W8/S33 的水土共点 S18、S33 土样中甲醛浓度均未超过第一类用地筛选值。

(3) 地下水砷污染特征分析

全场 19 个地下水监测井中，W5/S18、W7/S25 等 2 个监测井水样砷超 IV 类水筛选值，砷浓度分别为 431 $\mu\text{g/L}$ 、55.8 $\mu\text{g/L}$ ，其中 W5/S18 位于原柴油罐西南下游约 1m，W7/S25 位于一棉厂印染车间内。W5/S18、W7/S25 的水土共点 S18、S25 土样中甲醛浓度均未超过第一类用地筛选值及第二类用地筛选值。

(4) 地下水镉污染特征分析

全场 19 个地下水监测井中，W3/S9、2W6/2S101 等 2 个监测井水样镉超 IV 类水筛选值，镉浓度分别为 26.1 $\mu\text{g/L}$ 、16.1 $\mu\text{g/L}$ ，其中 W3/S9 位于原纱线漂染车间内，2W6/2S101 位于原印染车间、W3 西南下游约 40m 处。W3/S9 的水土共点 S9 土样中镉浓度超过第一类用地筛选值、未超过第二类用地筛选值。

(5) 地下水氨氮污染特征分析

除 W2、W4、2W2、2W4、W8 外，地块内 14 口地下水监测井氨氮全部超过 IV 类水标准，最大超标 22.3 倍。

(6) 地下水硫化物污染特征分析

项目地块 W9、2W3、2W5、2W7、2W9 等 5 口地下水监测井硫化物超过 IV 类水筛选值，最大超标 101.0 倍。

3.3.2.2 含水层底部地下水污染特征

在 19 口监测井水样所检测的 78 项指标中，除苯胺、萘、苯并（a）蒽、苯酚、4-甲基苯酚、2-甲基萘 6 中半挥发性有机物之外，其余有机物均未检出，且上述 6 中物质检测的浓度均较低。

含水层底部水样检测结果与初查阶段含水层顶部水样检测结果一致，有机物浓度均较低，污染风险较小。

3.3.3 地块污染原因分析

3.3.3.1 土壤污染原因分析

根据第二阶段采样分析，项目地块土壤中，苯并（a）蒽、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛超过相应的第二类用地筛选值，总氟化物、铅、六价铬、镍、镉等污染物不同程度超过相应的第一类用地筛选值。

（1）土壤苯并（a）蒽污染原因分析

苯并(a)蒽是一种五环多环芳香烃，化学式为 C₂₀H₁₂，化学性质稳定、难被生物降解，不溶于水，会附着在固体颗粒上。主要来源为石油化工、炼焦、煤及石油等燃料燃烧。

本项目地块土壤中 S2、2S3 等 2 个采样点 2 个土样超过 GB 36600-2018 第二类用地筛选值，超标点位均位于地块东北部成品仓（S2）及其附近（2S3）。

项目地块自 1958 投产建厂开始使用煤作燃料，此后改用重油，煤、重油等燃料产生的燃烧尾气中含苯并(a)蒽，可能随大气沉降污染土壤。此外，项目地块苯并(a)蒽污染深度在 0.4-3.4m，根据钻孔岩芯 S2、2S3 两个点位污染土层均杂填土，填土中可能土壤中苯并(a)蒽可能本身浓度较高。

综上，项目地块土壤中苯并(a)蒽污染可能原因：项目地块历史生产中煤、重油等燃料产生的燃烧尾气中含苯并(a)蒽，可能随大气沉降污染土壤；填土中可能土壤中苯并(a)蒽可能本身浓度较高，导致项目地块污染。

（2）土壤石油烃（C₁₀-C₄₀）污染原因分析

石油烃类物质一般为液态和气态，在生产、贮运、炼制加工及使用石油制品过程中，由于跑冒滴漏等原因泄漏进入土壤而导致土壤环境污染。

本次调查表明，项目地块土壤石油烃（C₁₀-C₄₀）高浓度点主要集中在油炉房及其附近（S40、2S14、2S45），且其最大浓度均出现在表层土（0.1-0.2m）。此外 S2、S6、S9、S18、S35、S36、S37、2S13 等石油烃（C₁₀-C₄₀）浓度超第二类用地筛选值点位，主要集中在油炉房、油罐区以及废水处理站等区域，超筛选值土层埋深较浅，超筛选值最大深度为 2.4m，主要集中在 0~2.0m 浅层土。

因此，项目地块土壤石油烃污染主要是燃油、导热油的存储、输送过程中，由于储罐、管道及阀门等跑冒滴漏所致。

（3）土壤甲醛污染原因分析

项目地块土壤甲醛超筛选值的点位（S7、S11、S13、S19、S28、S29、S30、S31、S34、S35、S37、S38、2S30、2S31、2S33、2S36）主要集中在污水处理站、污水管道沿线及印染车间、助剂仓的等区域。

由于项目地块自 1958 投产建厂开始至 2010 年停产，长期进行纺织品漂染、印染生产加工，其所使用的树脂整理剂等助剂可能含有甲醛，助剂中的甲醛进入生产废水中，通过入渗途径可能会对土壤地下水造成污染。

3.3.3.2 地下水污染原因分析

（1）地下水氟化物污染原因分析

全场 19 个地下水监测井中，W3/S9、W9/S35 等 2 个监测井水样氟化物超 IV 类水筛选值，其中 W3/S9 位于原纱线漂染车间内，W9/S35 位于原废水处理站调节池内。根据污染识别，项目地块历史生产活动中不涉及氟化物。项目地块东侧紧邻广州冷冻机厂，该厂可能涉及含氟冷冻剂，其特征污染物为氟化物，可能随地表径流、地下水迁移进入项目地块，造成项目地块土壤地下水污染。

（2）地下水甲醛污染原因分析

全场 19 个地下水监测井中，W5/S18、W8/S33、W9/S35、2W1 等 4 个监测井水样甲醛超 IV 类水筛选值，其中 W5/S18 位于原柴油罐西南下游约 1m，W8/S33 位于原发电机房柴油储罐处，W9/S35 位于原废水处理站调节池内，2W1 位于地块南部厂区道路、临近污水管线。

由于项目地块自 1958 投产建厂开始至 2010 年停产，长期进行纺织品漂染、印染生产加工，其所使用的树脂整理剂等助剂可能含有甲醛，助剂中的甲醛进入生产废水中，通过入渗途径可能会对土壤地下水造成污染。

(3) 地下水砷污染原因分析

全场 19 个地下水监测井中，W5/S18、W7/S25 等 2 个监测井水样砷超 IV 类水筛选值，其中 W5/S18 位于原柴油罐西南下游约 1m，W7/S25 位于一棉厂印染车间内。

污染识别表明，项目地块早期（1958 年~1980 年）大量使用燃煤。燃煤中含有重金属砷，在堆放过程中受降雨径流冲刷释放，通过入渗途径可能会对土壤地下水造成污染；燃煤燃烧后产生含砷及其化合物烟尘颗粒，随大气沉降，可能会导致土壤地下水污染。

(4) 地下水锑污染原因分析

全场 19 个地下水监测井中，W3/S9、2W6/2S101 等 2 个监测井水样锑超 IV 类水筛选值其中 W3/S9 位于原纱线漂染车间内，2W6/2S101 位于原印染车间、W3 西南下游约 40m 处。W3/S9 的水土共点 S9 土样中锑浓度超过第一类用地筛选值。

项目地块历史生产过程中涉及涤纶印染。锑化合物（醋酸锑或乙二醇锑）是纺织行业原材料聚酯纤维（即涤纶工业丝）生产过程中常用的催化剂，锑化合物常残留在涤纶织物面料中，并在后续的退浆、碱减量、染色等印染工序中大量释放出来，进入生产废水中，释放量与布料染色过程中所加的强碱、染料、助剂及高温环境有关。温度越高、操作时间越长，锑的释放量也越多。

因此地下水重金属锑超可能是由于涤纶印染过程中锑释放至生产废水中，含生产废水中的重金属锑沿池槽、地下污水管道泄漏入渗土壤，从而导致土壤重金属锑超标。

(5) 地下水氨氮污染原因分析

除 W2、W4、2W2、2W4、W8 外，地块内 14 口地下水监测井氨氮全部超过 IV 类水标准，最大超标 22.3 倍。采用无污染点连线法，项目地块内地下水氨氮基本存在超标。

项目地块历史生产过程中涉及硫化染料、还原染料、直接染料等纺织印染化学品的使用，染料在使用过程中可能分解产生氨氮等废物进入生产废水中，废水收集管道、废水池体等设施在跑冒滴漏的情况下通过入渗污染地下水，从而导致氨氮大面积超标。

同时，由于项目地块临近北降涌，项目地块内地下水与地表水体水力联系紧密，因此周边地表水体氨氮超标对项目地块内地下水氨氮有较大影响。

(6) 地下水硫化物污染原因分析

项目地块 W9、2W3、2W5、2W7、2W9 等 5 口地下水监测井硫化物超过 IV 类水筛选值，其中 W9 污染程度最重，最大超标 101.0 倍。地下水硫化物超标区域主要位于生产车间和废水处理站，其中废水处理站（W9 及 2W9）污染程度最大。项目地块历史生产过程中涉及硫化染料、连二亚硫酸钠等纺织印染化学品的使用，可能分解产生硫酸盐、含硫有机物、硫化物等物质，进入生产废水中，废水收集管道、废水池体等设施在跑冒滴漏的情况下通过入渗污染地下水，同时，在厌氧条件下，由于微生物的作用，使硫酸盐或含硫有机物分解而产生硫化物，从而导致硫化物大面积超标。

4. 人体健康风险评估

4.1 风险评估工作内容和程序

参照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），土壤污染风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和控制值计算。各部分内容如下，具体风险评估流程见图 4.1-1。

（1）危害识别：根据场地环境调查获取的资料，结合场地土地的规划利用方式，确定污染场地的关注污染物、场地内污染物的空间分布和可能的敏感受体，建立场地暴露模型。危害识别是一个风险定性评估的过程，当定性评估能够说明风险问题，如场地不具备污染源——>暴露途径——>受体间的完整连接时，可不用实施风险的定量评估。

（2）暴露评估：在危害识别的工作基础上，分析场地土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定场地土壤污染物对敏感人群的暴露途径，确定污染物在环境介质中的迁移模型和敏感人群的暴露模型，确定与场地污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的土壤和地下水的暴露量。

（3）毒性评估：在危害识别的工作基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

（4）风险表征：在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值；进行不确定性分析，包括对关注污染物关键参数取值的敏感性分析；根据需要进行风险的空间表征。

（5）控制值计算：如污染场地风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如污染场地风险评估结果超过可接受风险水平，则计算土壤、地下水中关注污染物的风险控制值；如调查结果表明，土壤中关注污染物可迁移进入地下水，则计算保护地下水的土壤风险控制值；根据计算结果，提出关注污染物的土壤和地下水风险控制值。

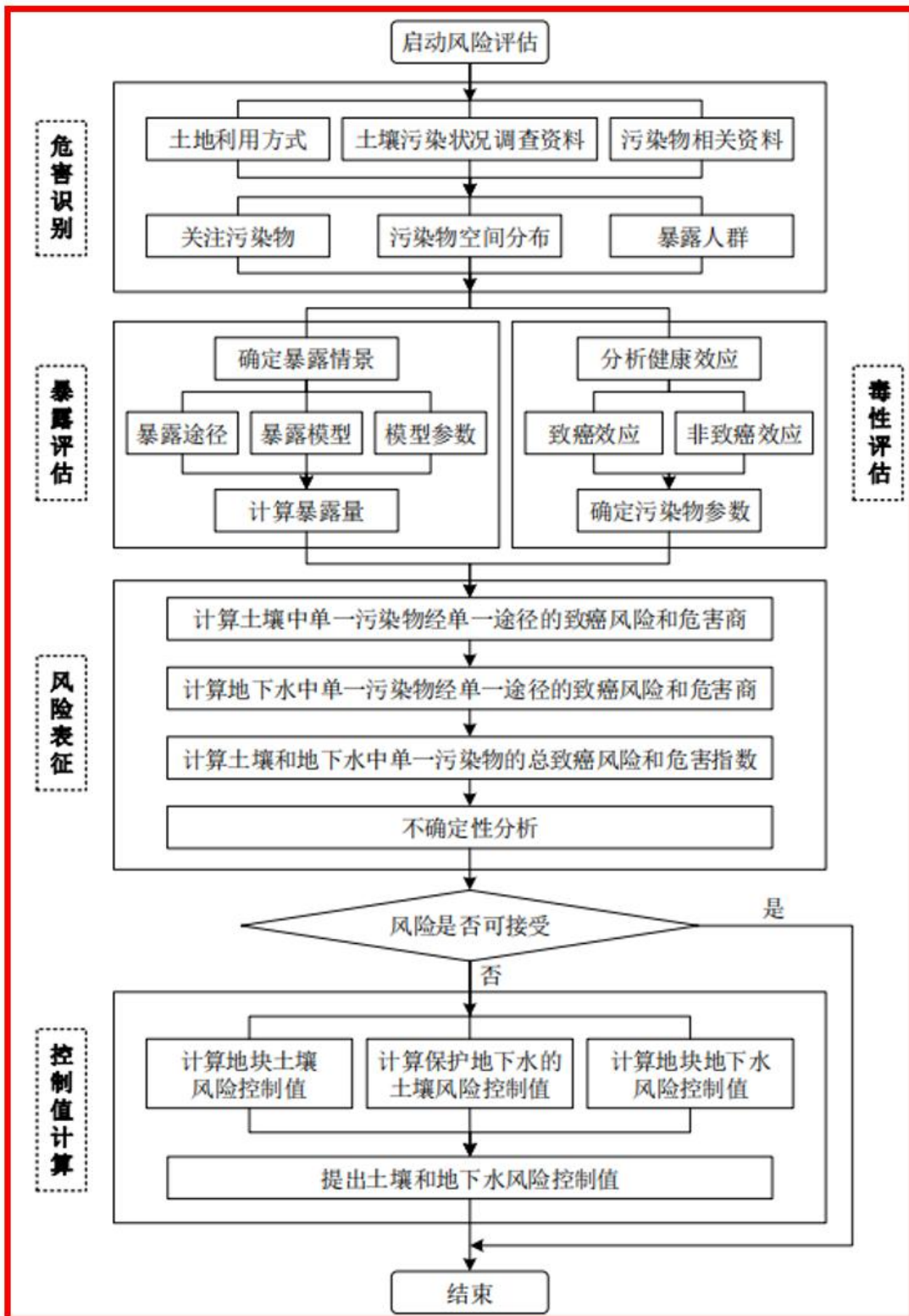


图 4.1-1 人体健康风险评估工作流程图

4.2 场地概念模型

4.2.1 场地总体情况

项目地块位于广州市海珠区南石头街道南边路6号，地块中心经纬度坐标为E E 113.253667°、N 23.080608°，占地面积48247m²。

项目地块原为农田，1956年7月在该地块成立广州纱线漂染厂，1958年投产，年产纱线漂染2400t/年，1985年广州纱线漂染厂扩建并更名为广州东方印染厂后，年产印染布1000万米/年、纱线漂染3600t/年。1993年8月广州东方印染厂引进外资成立广州南丰印染厂有限公司，年产印染布2400万米/年，纱线漂染1500t/年。2005年在项目地块西侧建立广州第一棉纺织厂，年产印染布1015万米/年，其中牛仔布923.4万米/年、装饰布91.7万米/年。广州第一棉纺织厂于2010年3月关停搬迁。2013年底，项目地块内的部分车间厂房、办公楼作为物业外租为纸业仓库、布匹仓库以及影视创作基地等。由于地块收储工作，2018年底完成租户清退，项目地块闲置。项目地块为广州市政府收储用地。

根据广州市海珠区土地利用相关规划，参照《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）的分类标准，项目地块规划为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1）。

4.2.2 场地水文地质条件

4.2.2.1 场地地层岩性

根据本次土壤污染状况初步调查现场地质钻探（钻探深度最深8.0m）及土工测试结果，厂区岩性结构趋势大致相同，按照岩性特征、埋藏分布和工程特性指标等情况，项目地块从上至下可划分为填土、淤泥质砂土、淤泥质粘土、粉质粘土等4个土层，其地质特征详述如下：

（1） 填土

该层广泛分布在厂区内，呈杂色，含砂砾、建筑砖渣等，松散，干~潮，层厚2.5~4.5m，层底埋深2.5~4.5m。填土层表层含砂砾、建筑砖渣等，中下层以素填土为主，东北部（成品仓附近）等部分区域含粉煤灰、煤渣等。素填土主要来源自周边

农田，粉煤灰、煤渣主要来自于项目地块内早期燃煤废物，建筑砖渣主要为项目地块2020年11月建筑拆除后的地表平整。

(2) 淤泥质砂土

该层分布于杂填土层下，在厂区内分布广泛，呈黑褐色，稍密实，含粗砂，级配中，湿至潮，层厚1.2~2.0m，层底埋深2.5~4.5m。

(3) 淤泥质粘土

该层多分布于淤泥质砂土层下，局部地区该层缺失，呈灰黑色，密实，可塑，潮，层厚1.5~1.8m，层底埋深3.6~5.4m。

(4) 粉质粘土

该层多分布于淤泥质砂土层下，局部地区粉土层缺失，直接伏于填土层下，粉质粘土呈褐黄色，可塑，局部含粉土块，层厚0.7~4.6m，层底埋深4.6~8.0m。

4.2.2.2 场地水文地质条件

项目地块浅层地下水主要为第四系孔隙水，水量一般，主要赋存于人工填土层下部、粉质黏土层之间，粉质粘土层为弱透水层。浅层地下水主要靠大气降水和地表水补给，排泄方式主要为径流排泄和蒸发排泄，地下水的水质与水量均受降水、径流影响较大，地下水与地表水水力联系密切。同时，项目地块处于珠江感潮河段，地下水水文地质条件受潮汐影响也较大。

根据本次土壤污染状况调查地下水监测，地下水埋深为1.23~4.80m，平均埋深为2.20m，整体来看项目地块浅层地下水自东北流向西南，即整体向西侧的珠江及南部的北降涌排泄。

4.2.3 场地污染源

项目地块内土壤污染重点关注区域包括原一棉厂印染车间、原一棉厂炼漂车间、原一棉厂染整车间、原一棉厂浆染车间、原南丰印染厂及东方印染厂印染车间、化学品仓、染化料仓、雕刻车间、油炉房、储油罐及输油管线、生产废水管道及废水处理站、煤堆场/煤渣场、污泥堆放区、固废房及变电房，需关注的污染物包括锑、砷、铬、甲醛、苯酚、芳香胺、石油烃、多环芳烃、多氯联苯等。

项目地块北部紧邻广东省石油公司昌岗油库、广州锌片厂南厂区，东部紧邻广州冷冻机厂，可能会对地块产生潜在污染，其潜在污染物包括石油烃、氟化物、重金属（砷、镉、铜、锌、汞）、多环芳烃。

4.2.4 污染物迁移转化途径

场地内污染物的迁移转化可能主要通过以下途径：

- 1) 非饱和层中的污染物随雨水淋溶下渗；
- 2) 淋溶出的污染物下渗至地下水水面后随地下水迁移、稀释和吸附；
- 3) 生物降解，例如多环芳烃的降解；
- 4) 污染物吸附在土壤颗粒上随风力传播；
- 5) 具有挥发性的污染物蒸汽进入室内外空气。

4.2.5 场地概念模型

项目地块现行控规用地性质为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1），根据《关于广州纺联进出口有限公司南边路6号地块土壤污染状况调查情况的说明》（广州纺联进出口有限公司，2021年12月8日）（附件1）、《关于咨询海珠区南边路6号地块公园绿地规划用途的复函》（广州市土地开发中心，2022年1月）（附件1），土地使用权人承诺项目地块内的公园绿地（G1）为综合性公园（不含社区公园及儿童公园）。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）》（粤环办〔2020〕67号）等相关要求，本项目中土壤检测指标优先选用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值进行评价。土地使用权人承诺，若后续该地块内配套建设的公园绿地（G1）变更为社区公园或儿童公园，由土地使用权人承担该地块土壤污染状况调查等报告的重新报审工作，由以后的受让人或权属人承担修复责任。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）》（粤环办〔2020〕67号）等相关要求，本报告将整个项目地块按第二类用地进行人体健康风险评估。在未来用地规划类型情景下，根据场地地层结构、水文地质信息、土壤和地下水中污染物的分布特征及迁移转换过程，构建了场地概念模型图，如图4.2-1所示。

(1) 污染源和关注污染物

- 土壤中的石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、苯并（a）芘等污染物。
- 地下水中的氟化物、甲醛、砷、镉、氨氮、硫化物等污染物。

(2) 迁移和暴露途径

- 经口摄入表层受污染土壤；
- 皮肤接触表层受污染土壤；
- 呼吸吸入表层受污染土壤扩散到室内外的颗粒物；
- 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染；
- 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染；
- 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染；
- 吸入室外空气中来自地下水的气态污染；
- 吸入室内空气中来自地下水的气态污染；
- 皮肤接触地下水。

(3) 潜在受体和敏感人群

项目地块现行控规用地性质为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1），在第二类用地方式下，未来地块的敏感暴露人群为成人。

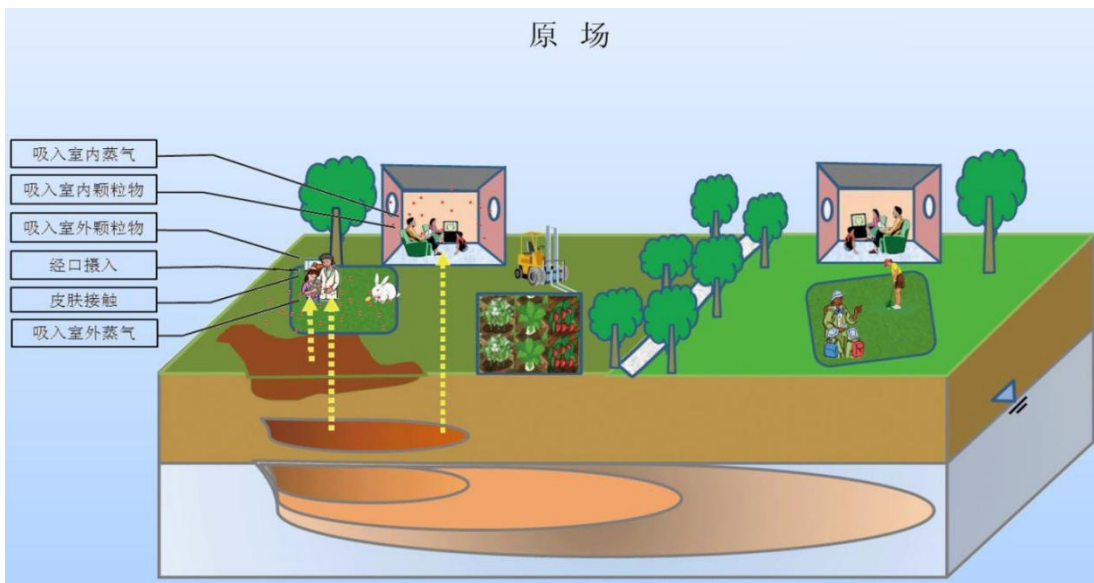


图 4.2-1 项目地块场地概念模型图

4.3 危害识别

危害识别是根据场地环境调查获取的资料，结合场地土地的规划利用方式，确定污染场地的关注污染物、场地内污染物的空间分布和可能的敏感受体，建立场地暴露模型。危害识别是一个风险定性评估的过程，当定性评估能够说明风险问题，如场地不具备污染源—>暴露途径—>受体间的完整连接时，可不用实施风险的定量评估。

4.3.1 地块规划及敏感受体

项目地块现行控规用地性质为商业设施用地（B1）、娱乐康体设施用地（B3）、公园绿地（G1）和道路用地（S1），本报告将整个项目地块按第二类用地进行评价。在第二类用地方式下，未来地块的敏感暴露人群为成人。

4.3.2 关注污染物

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），关注污染物是根据地块污染特征和地块利益相关方意见，确定需要进行调查和风险评估的污染物。

4.3.2.1 关注污染物的筛选

本报告将超过调查地块土壤、地下水污染风险评价筛选值中所列标准的污染物列为本地块的关注污染物。

（1）土壤

根据第二阶段土壤污染状况调查结果，地块内土壤超第二类用地风险筛选值为石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、苯并（a）芘，超风险筛选值的污染物需要启动风险评估。

2）地下水

根据地块调查结果，地下水中氟化物、甲醛、砷、镉、氨氮、硫化物等指标超过风险筛选值。根据《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）、《地下水污染健康风险评估工作指南（试行）》附录 H，氨氮、硫化物属于一般性化学指标，危害性有限，而氟化物、甲醛、砷、镉属于有毒有害的指标，因此将氟化物、甲醛、砷、镉作为本次风险评估的关注污染物。

4.3.2.2 关注污染物暴露浓度计算

《土壤污染状况风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)和《工业企业土壤污染状况调查评估与修复/风险管控工作指南(试行)》中要求,计算未来受体暴露浓度时,如评估区域获取的污染物浓度数据样本数大于8且样品浓度符合正态分布,可以将浓度平均值的95%置信上限(UCL)作为未来受体的暴露浓度,否则,应保守考虑以最大值作为暴露浓度进行风险评估。同时,如果样本95%置信上限统计结果大于样本的最高检出浓度,或样本数量小于8时,应以样本的最大值作为未来受体的暴露浓度。

以采集的土壤数据样本为基础,建立对有害物质关键浓度值的定义与计算方法对场地评估具有重要意义。其中,浓度控制上限是对有害物质实施风险监控的重要参数。一般理解为有害物质在样本中平均浓度的保守估计,最常使用的是有害物质取样样本算数平均值的95%置信上限,对应于有害物质取样样本算数平均值95%的覆盖率。相比于采用95%置信上限,直接采用关注污染物的最大值来计算相对比较保守安全。

本项目在计算各关注污染物的暴露浓度时,遵守此原则,基于保守考虑以最大值作为暴露浓度进行风险评估。

1) 土壤

由地块初步调查和详细调查点位超筛选值污染物的检测结果可知地块土壤超筛选值污染物石油烃(C₁₀-C₄₀)、甲醛、苯并(a)芘的最大暴露浓度分布为9480mg/kg、74.7mg/kg、7.3mg/kg。

2) 地下水

由地块初步调查和详细调查检测结果可知,地块地下水关注污染物甲醛、氟化物、砷、锑的最大暴露浓度分别为1510ug/L、5340ug/L、431ug/L、26.1ug/L。

4.4 暴露评估

4.4.1 暴露情景与暴露途径

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)及《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)》,调查地块暴露情景为第二类用地类型。

暴露情景：基于目标地块实际情况考虑，对地块按第二类用地进行了风险评估。按常规做法，地块开发再利用过程中地块可能进行基坑开挖，深层污染土壤通过开挖可能到达表层。

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（试行）》，在风险评估阶段对地块污染土壤的具体再利用方式或分层再利用方式尚不明确，原下层土壤开挖后有可能会变成表层土壤，或开挖过程会与表层土壤发生混合的情况，原则上不进行分层，整体按照表层土进行评价。

根据《广东省地下水功能区划》（粤办函〔2009〕459号），项目地块位于珠江三角洲广州海珠至南沙不宜开采区（H074401003U01），不涉及地下水饮用水源补给径流区和保护区，项目地块地下水未来不作为饮用水开发利用，不存在饮用地下水暴露途径。此外，地下水中砷、镉、氟化物挥发性很弱，不考虑吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物两种暴露途径。

表 4.4-1 项目地块土壤地下水污染风险暴露途径汇总表

暴露情况	污染介质	污染物	所有暴露途径	实际情况
非敏感用地	土壤	石油烃、 (C ₁₀ -C ₄₀)、 甲醛、 苯并(a)芘	土壤经口摄入	有
			皮肤接触土壤	有
			吸入土壤颗粒物	有
			吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物	有
			吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物	有
			吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物	有
	地下水	砷、镉、氟化物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	无
			吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	无
			饮用地下水	无
			皮肤接触地下水	有
		甲醛	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	有
			吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	有
			饮用地下水	无
			皮肤接触地下水	有

4.4.2 暴露评估模型

4.4.2.1 土壤风险暴露评估方法和模型

第二类用地方式下各种暴露途径的土壤暴露量计算公式采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 A 中公式进行计算，具体公式如下所述。

（1）经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量，采用公式（A.21）计算：

$$\text{OISER}_{\text{ca}} = \frac{\text{OSIR}_a \times \text{ED}_a \times \text{EF}_a \times \text{ABS}_0}{\text{BW}_a \times \text{AT}_{\text{ca}}} \times 10^{-6} \quad (\text{A.21})$$

公式（A.21）中：

OISER_{ca} —经口摄入土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

OSIR_a —成人每日摄入土壤量， $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

ED_a —成人暴露期， a ；

EF_a —成人暴露频率， $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$ ；

BW_a —成人体重， kg ；

ABS_0 —经口摄入吸收效率因子，无量纲；

AT_{ca} —致癌效应平均时间， d ；

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害。经口摄入土壤途径土壤暴露量，采用公式（A.22）计算：

$$\text{OISER}_{\text{nc}} = \frac{\text{OSIR}_a \times \text{ED}_a \times \text{EF}_a \times \text{ABS}_0}{\text{BW}_a \times \text{AT}_{\text{nc}}} \times 10^{-6} \quad (\text{A.22})$$

公式（A.22）中：

OISER_{nc} —经口摄入土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

AT_{nc} —非致癌效应平均时间， d 。

公式（A.22）中 OSIR_c 、 ED_c 、 EF_c 、 ABS_0 和 BW_c 的参数含义见公式（A.21）。

（2）皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害。皮肤接触土壤途径土壤暴露量，采用公式（A.23）计算：

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (A.23)$$

公式 (A.23) 中:

$DCSER_{ca}$ —皮肤接触途径的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$;

$SSAR_a$ —成人皮肤表面土壤粘附系数, $mg \cdot cm^{-2}$;

ABS_d —皮肤接触吸收效率因子, 无量纲;

E_v —每日皮肤接触时间频率, $次 \cdot d^{-1}$ 。

公式 (A.23) 中 AT_{ca} 、 EF_a 、 ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.1), SAE_a 的参数数值分别采用公式 (A.4) 和公式 (A.5) 计算:

SER_a —成人暴露皮肤所占面积比, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在儿童期暴露受到的危害。皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.24) 计算:

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (A.24)$$

公式 (A.24) 中:

$DCSER_{nc}$ —皮肤接触的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ 。

公式 (A.26) 中 E_v 和 ABS_d 的参数含义见公式 (A.3), AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2)。

(3) 吸入土壤颗粒物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害。吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.25) 计算:

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{sp_o} \times EFO_a + f_{sp_i} \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (A.25)$$

公式 (A.25) 中:

$PISER_{ca}$ —吸入土壤颗粒物的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$;

PM_{10} —空气中可吸入悬浮颗粒物含量, $mg \cdot m^{-3}$;

$DAIR_a$ —成人每日空气呼吸量, $m^3 \cdot d^{-1}$;

$PIAF$ —吸入土壤颗粒物在体内滞留比例, 无量纲;

f_{sp_i} —室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲;

f_{sp_o} —室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲;

EFI_a—成人的室内暴露频率，d·a⁻¹；

EFO_a—成人的室外暴露频率，d·a⁻¹；

公式 (A.25) 中 ED_c、BW_c、AT_{ca}、ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.1)

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量，采用公式 (A.8) 计算：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fsp_o \times EFO_a + fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (A.26)$$

公式 (A.26) 中：

PISER_{nc}—吸入土壤颗粒物的暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

公式 (A.26) 中 PM₁₀、DAIR_a、fsp_o、fsp_i、EFO_a、EFI_a 和 PIAF 的参数含义见公式 (A.25)，ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.21)，AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.22)。

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式 (A.27) 计算：

$$IOVER_{ca1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad (A.27)$$

公式 (A.27) 中：

IOVER_{ca1}—吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

VF_{suroa}—表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，kg·m⁻³。

公式 (A.27) 中，DAIR_a 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7)，AT_{ca}、ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.21)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式 (A.10) 计算：

$$IOVER_{nc1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad (A.28)$$

公式 (A.28) 中：

IOVER_{nc1}—吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

公式 (A.28) 中, VF_{suroa} 的参数含义见公式 (A.9), $DAIR_c$ 、 EFO_c 见公式 (A.7), AT_{nc} 的含义见公式 (A.2), ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式 (A.1)。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

第二类用地方式下, 对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 采用附录 A 公式 (A.29) 和公式 (A.30)。

$$IOVER_{ca2} = VF_{\text{suboa}} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad (\text{A.29})$$

公式 (A.29) 中:

$IOVER_{ca2}$ —吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

VF_{suroa} —表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

EFO_a —成人的室外暴露频率, $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$;

$DAIR_a$ —成人每日空气呼吸量, $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$;

ED_a —成人暴露期, a ;

BW_a —成人体重, kg ;

AT_{ca} —致癌效应平均时间, d 。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.30) 计算:

$$IOVER_{nc2} = VF_{\text{suboa}} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad (\text{A.30})$$

公式 (A.30) 中:

$IOVER_{nc2}$ —吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (非致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

AT_{nc} —非致癌效应平均时间, d 。

公式 (A.30) 中 VF_{suboa} 的参数含义见公式 (A.29), $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.29), ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.29)。

(6) 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量，采用公式（A.33）计算：

$$IIVER_{cal} = VF_{subia} \times \left(\frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad (A.33)$$

公式（A.33）中：

$IIVER_{cal}$ —吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应）， $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；

VF_{subia} —下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子， $kg \cdot m^{-3}$ ；根据附录 F 公式（F.26）计算。

公式（A.33）中 EFI_a 、 $DAIR_a$ 的参数含义见公式（A.29）， ED_c 、 BW_a 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.29）。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量，采用公式（A.34）计算：

$$IIVER_{nc1} = VF_{subia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad (A.34)$$

公式（A.34）中：

$IIVER_{nc1}$ —吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应）， $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；

公式（A.34）中， VF_{subia} 的参数含义见公式（A.33）， $DAIR_a$ 、 EFI_a 的参数含义见公式（A.29）， AT_{nc} 的参数含义见公式（A.30）， ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式（A.29）。

4.4.2.2 地下水风险计算模型

地下水污染物暴露途径主要包括：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水 3 种途径。本地块内地下水不饮用，因此本阶段风险评估不考虑地下水直接摄入的风险，只考虑通过呼吸摄入而导致的风险分室内和室外两种风险及通过皮肤接触地下水的暴露风险。

（1）吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

非敏感用地方式下，人群可因吸入室外空气中来自地下水的气态污染物而暴露于受污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应地下水暴露量的推

荐模型见《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）附录 A 公式（A.31）和公式（A.32）。

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式（A.31）计算：

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式（A.32）计算：

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}}$$

（2）吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

非敏感用地方式下，人群吸入室内空气中来自地下水的气态污染物而暴露于受污染地下水。对于污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应地下水暴露量的推荐模型见《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）附录 A 公式（A.35）和公式（A.36）。

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式（A.32）计算：

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式（A.32）计算：

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}}$$

4.4.3 暴露参数的选择

本项目中土壤和场地参数主要通过土工试验以及场地环境调查实测获得，其他部分参数选用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3）和《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）》中的推荐值。

4.4.3.1 受体暴露参数

受体暴露参数常为社会学统计数据，在待评估场地内难以获得或即使通过研究也难以准确量化因子，因此，暴露参数应优先采用地块所在地的区域性参数，缺乏本地区域性参数值的，可参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中的推荐值。

4.4.3.2 地块土壤参数

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（试行）》，在风险评估阶段对地块污染土壤的具体再利用方式或分层再利用方式尚不明确，原下层土壤开挖后有可能会变成表层土壤，或开挖过程会与表层土壤发生混合的情况，原则上不进行分层，整体按照表层土进行评价。

土壤性质参数中，污染土壤层厚度、污染土壤层埋深等参数均为本地块实测数据；平行于风向的土壤污染源宽度选用目标地块最大的污染区域平行于风向的最大宽度；包气带孔隙水体积比、包气带孔隙空气体积比、包气带土壤容重等参数利用土工报告的土壤容重、土壤含水率和土壤颗粒密度实测数据计算得到，包气带土壤有机碳质量分数利用有机质含量实测数据平均值得到，土壤透性系数根据土壤渗透系数实测数据平均值得到；土壤污染风险评价中毛细管层孔隙水体积比、毛细管层孔隙空气体积比和土壤地下水交界处毛细管层厚度等 3 个参数主要参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）所推荐的默认值。

4.4.3.3 建筑物参数

建筑物参数和气象参数主要采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》所推荐的参数，空气中可吸入颗粒物含量 PM_{10} 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（试行）》推荐值。

4.5 毒性评估

毒性评估的工作内容包括分析地块关注污染物的健康效应（致癌和非致癌效应），确定污染物的毒性参数，包括参考计量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等，用于最终风险的计算。

4.5.1 污染物的健康效应

场地风险评估过程是评估受体长期暴露于污染源下的长期健康风险，因此常用污染物的慢性毒性效应来衡量场地风险水平。通常认为慢性毒性效应分为非致癌效应和致癌效应两大类型。

毒理学研究表明非致癌效应存在阈值，即有毒有害物质意欲对人体造成危害，必须有一个最小剂量/浓度，当暴露剂量/浓度小于该阈值时，不认为会对人体健康造成可探查到的危害。中国导则主要采用美国环保局（USEPA）的非致癌风险的参考值，分别以经口摄入参考剂量（RfDo）、皮肤接触参考剂量（RfDd）和参考浓度（RfC）作为非致癌效应食入、皮肤吸收和呼吸等三种途径的参考值。RfDd 由于在毒理学实验中难以直接获得，通常采用从 RfDo 推导的数据。对非致癌风险的量化评估指标为危害商，即暴露剂量/浓度与参考剂量/浓度的比值，当危害商小于 1 时，可认为该剂量/浓度不会导致人体健康风险。

致癌风险的特点是不存在类似于非致癌性风险的阈值，即任何剂量/浓度致癌物均有可能导致致癌风险，致癌风险体现为增加患癌风险的可能性。暴露剂量/浓度越高，增加患癌风险的可能性越大。其风险量化指标一般分两部分：一是致癌证据等级，二是致癌斜率因子，介绍如下：

（1）证据等级是对其致癌能力的可信度的分级，USEPA 将物质的致癌物质分为 A，B，C，D 和 E 五类。A 类物质为确定的人类致癌物，表示有足够的流行病学研究来证实接触剂量与致癌的因果关系；B 类为很可能的人类致癌物，包括由流行病学研究得到的人类致癌证据从“足够”到“不足”的物质，又分为 B1 和 B2 两类，其中 B1 类为有限的人类证据证明具有致癌性的物质，B2 类为动物实验证据充分而人类证据不充分或无证据的物质；C 类为可能的人类致癌物；D 类为尚不能进行人类致癌分类的组分；E 类为有对人类无致癌证据的组分。同时，USEPA 根据致癌效应，将致癌物分为有诱导基因突变可能的致癌物（Mutagen）和非诱导基因突变的致癌物。

（2）与非致癌效应类似，USEPA 采用经口摄入致癌斜率因子（SFo）、皮肤接触致癌斜率因子（SFd）和呼吸吸入单位致癌风险（IUR）作为致癌效应食入、皮肤吸收和呼吸等三种途径致癌效应的量度。对致癌风险的量化评估指标为风险水平，即暴露

剂量/浓度与致癌斜率因子/单位致癌风险因子 SF/IUR) 的乘积, 当风险水平小于可接受的风险水平时, 可认为风险是可接受的。

4.5.2 关注污染物的毒性和理化参数

本项目关注污染物的毒理学参数和理化参数的来源为:

1) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 规范性附录 B 的赋值。

2) 由于导则中未提供石油烃参数, 本次风险评估参考《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(试行)》“三、毒性评估”章节中的编制说明, 石油烃(C₁₀-C₄₀) 采取相对毒性较高的芳香类(C₁₀-C₁₆) 段的毒性参数代表石油烃(C₁₀-C₄₀) 进行风险评估。

4.6 风险表征

在暴露评估和毒性评估的基础上，采用风险评估模型计算土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商，计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定性分析。

4.6.1 风险表征技术要求

风险可接受水平的确定与城市经济发展等社会因素息息相关，对于风险可接受水平的确定与城市经济发展等社会因素息息相关，对于可接受水平的确定，不同国家值存在数量级差异。国外主要国家和地区制定的致癌风险的可接受水平主要介于 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ ，非致癌性风险可接受水平一般设置为 1。

根据地块每个采样点样品中关注污染物的检测数据，通过计算污染物的致癌风险和危害商进行风险表征。如关注污染物的检测数据呈正态分布，可根据检测数据的平均值、平均值置信区间上限值或最大值计算致癌风险(CR)及非致癌危害商(HQ)，作为确定地块污染范围的重要依据。

《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）规定，人体可接受的致癌风险值不高于 10^{-6} ，非致癌危害商值小于 1。

4.6.2 污染物致癌风险和非致癌危害的计算方法

本报告风险评估过程中，污染物主要采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中推荐的附录 C 公式算各关注污染物的健康风险，具体公式如下所述。

（1）经口摄入土壤途径

致癌风险： $CR_{ois} = OISER_{ca} * C_{sur} * SF_0$

危害商： $HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} * C_{sur}}{RfD_0 * SAF}$

（2）皮肤接触

致癌风险： $CR_{dcs} = DCSER_{ca} * C_{sur} * SF_d$

危害商： $HQ_{dcs} = \frac{DSER_{nc} * C_{sur}}{RfD_d * SAF}$

（3）吸入土壤颗粒

致癌风险： $CR_{pis}=PISER_{ca} * C_{sur} * SF_i$

危害商： $HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} * C_{sur}}{RfDi * SAF}$

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物

致癌风险： $CR_{io1}=IOVER_{ca1} * C_{sur} * SF_i$

危害商： $HQ_{io1} = \frac{IOER_{nc1} * C_{sur}}{RfDi * SAF}$

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物

致癌风险： $CR_{io2}=IOVER_{ca2} * C_{sub} * SF_i$

危害商： $HQ_{io2} = \frac{IOER_{nc2} * C_{sub}}{RfDi * SAF}$

(6) 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物

致癌风险： $CR_{ii1}=IIVER_{ca1} * C_{sub} * SF_i$

危害商： $HQ_{ii1} = \frac{IIER_{nc1} * C_{sub}}{RfDi * SAF}$

单一污染物所有暴露途径的总致癌风险采用公式：

$CR_n=CR_{ois}+CR_{dcs}+CR_{pis}+CR_{io1}+CR_{io2}+CR_{ii1}$

单一污染物所有暴露途径的总危害指数采用公式：

$HI_n=HI_{ois}+HI_{dcs}+HI_{pis}+HI_{io1}+HI_{io2}+HI_{ii1}$

上述公式中，

CR_{ois} —经口摄入污染土壤的致癌风险，无量纲；

C_{sur} —表层土壤中污染物浓度，mg/kg；

$OISER_{ca}$ —经口摄入土壤暴露量，kg 土壤/kg 体重/d；

CR_{dcs} —皮肤接触土壤途径的致癌风险，无量纲；

SF_d —皮肤接触致癌斜率因子，mg 污染物/kg 体重/d；

$DCSER_{ca}$ —皮肤接触途径的土壤暴露量，kg 土壤/kg 体重/d；

CR_{io1} —吸入室外空气来自表层土壤的气态污染物致癌风险，无量纲；

SF_i —呼吸吸入致癌斜率因子，mg 污染物/kg 体重/d；

$IOVER_{ca1}$ —吸入室外空气来自表层土壤的暴露量，kg 土壤/kg 体重/d；

CR_{pis} —吸入土壤颗粒物途径的致癌风险，无量纲；

$PISER_{ca}$ —吸入土壤颗粒物的暴露量，kg 土壤/kg 体重/d；

CR_{iov2} —吸入室外空气来自下层土壤的气态污染物致癌风险，无量纲；

$IOVER_{ca2}$ —吸入室外空气来自下层土壤的暴露量，kg 土壤/kg 体重/d；

CR_{iiv1} —吸入室内下层土壤的气态污染物的致癌风险，无量纲；

C_{sub} —下层土壤中污染物浓度，mg/kg；

$IIVER_{ca1}$ —吸入室内来自下层土壤气态污染物的暴露量，kg 土壤/kg 体重/d；

4.6.3 土壤中关注污染物的风险表征结果

本地块人体健康风险按照地块开挖的情景模式，使用土壤中的污染物浓度最大值来计算风险。

在未来作为第二类用地开挖扰动的前提下，本地块土壤关注污染物中苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛的人体健康风险**超过**可接受水平，其中：苯并（a）芘的致癌风险水平为 4.78E-06（大于 1.00E-06），非致癌危害商为 2.49E-06（小于 1）；石油烃（C₁₀-C₄₀）的非致癌危害商为 2.13（大于 1）；甲醛的致癌风险水平为 2.05E-06（大于 1.00E-06），非致癌危害商为 9.69E-02（小于 1）。

4.6.4 地下水中关注污染物的风险表征结果

风险计算结果表明，不饮用情景下，项目地块地下水中镉、砷、氟化物、甲醛污染物人体健康风险均可接受，其中地下水中镉污染物非致癌危害商为 $7.29E-08$ （小于 1）；砷污染物致癌风险为 $8.50E-12$ （小于 $1.00E-06$ ）、非致癌危害商为 $2.41E-07$ （小于 1）；甲醛致癌风险水平为 $3.87E-10$ （小于 $1.00E-06$ ）、非致癌危害商为 $2.50E-05$ （小于 1）。

污染物理化性质及毒理效应分析表明，地下水中砷、镉、氟化物挥发性很弱，不考虑吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物两种暴露途径，由于项目地块地下水不作为饮用水开发利用，不存在饮用地下水暴露途径，因此第二类用地情景下，项目地块地下水中砷、镉、氟化物、甲醛污染物人体健康风险水平均较低，其风险可接受。

4.7 不确定性分析

4.7.1 不确定因素

污染地块风险评估过程中的不确定性主要来源于暴露情景假设、评估模型的适用性、模型参数取值等多个方面。不确定性可以定量地采用测定参数变化对评估结果的影响程度来表示。

由于土壤环境的复杂性，风险评价环境的复杂性，本报告中风险评估也存在较大的不确定性因素，这些不确定因素会对评价结果造成较大的影响。该不确定性因素包括数据本身的变异性，采用模型的或参数的不确定性，主要包括：

所收集地块调查资料的不确定性，包括历史资料、采样布点的科学性和代表性、样品检测的真实度等。

所选取模型的合理和适用性。因目前我国尚没有成熟的风险评价模型，因此大多是在国外成熟的模型基础上进行改进，其适用性还需要进一步探索。

地块参数和暴露参数的不确定性。本报告的模型数据除部分土壤性质参数土壤容重、土壤含水率、土壤有机碳质量分数、土壤透性系数和土壤颗粒密度为地块实测数据外，且实测数据的代表性，不同土层不同区域其实测结果存也存在差别，其他参数均来自我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》所推荐的默认值及《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》编制说明中相关的计算参数。由于我国对于风险评估的基础研究相对匮乏，且

广州地区的参数（如成人身高、体重等暴露参数）和与国家导则、标准中推荐的参数也存在一定的差异性，因此模型根据国家导则部分参数计算本地块的风险或危害商可能与本地块的实际情况有所差异。

污染物毒理参数的适用性。目前我国还没有完善的污染物毒理学参数，我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》和《广州市工业企业地块环境调查、治理修复/风险管控及效果评估技术要点》中毒理学参数大多采用美国环保局综合风险信息系统(GRGS)、美国环保署超级基金健康风险技术支持中心提供的临时性经专家评估的毒性数据（PPRTVs）、美国毒性物质和疾病注册署（ATSDR）的最低风险水平值（MRL）、美国环保署土壤筛选导则（SSG）、美国环保署区域筛选值数据表（RSL）、中国香港特别行政区土壤修复/风险管控目标值（HKC）等权威数据库的相关参数，其对我国风险评价的适用性值得商榷。

受体参数的针对性。受体参数均来自我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》所推荐的默认值及《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》编制说明中相关的参数，因此要更准确的评价某一地块的风险，还需要实地调研当地暴露人群的有关情况（如成人身高、体重等暴露参数）。

参数敏感性分析。建筑参数均来自我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》所推荐的默认值，和地块实际建筑情况存在偏差，因此要更准确的评价某一地块的风险，还需要调研未来建筑的有关情况。

本地块风险评估工作基于业主提供的相关资料及地块调查时的结果开展，若未来地块发生大的变化及污染物的衰减等，将为计算结果带来较大不确定性，导致本次风险评估结果不适用于变化后的情况。

4.8 土壤风险控制值计算

本项目修复/风险管控目标值的推导将依据上述已建立的地块暴露概念模型，参照我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）进行计算方法和模型参数的优化后来推导保护人体健康的土壤风险控制值。

4.8.1 土壤风险控制值计算过程

4.8.1.1 基于致癌效应的土壤风险控制值

(1) 基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.1) 计算。

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o} \quad (E.1)$$

公式 (E.1) 中：

$RCVS_{ois}$ —基于经口摄入途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

ACR —可接受致癌风险，无量纲；取值为 10^{-6} 。

(2) 基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.2) 计算。

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d} \quad (E.2)$$

公式 (E.2) 中：

$RCVS_{dcs}$ —基于皮肤接触途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.2) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.3) 计算。

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i} \quad (E.3)$$

公式 (E.3) 中：

$RCVS_{pis}$ —基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

在公式 (E.3) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)。

(4) 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.4) 计算。

$$RCVS_{iovl} = \frac{ACR}{IOVER_{ca1} \times SF_i} \quad (E.4)$$

公式 (E.4) 中：

$RCVS_{iovl}$ —基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.4) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)。

(5) 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.5) 计算。

$$RCVS_{iov2} = \frac{ACR}{IOVER_{ca2} \times SF_i} \quad (E.5)$$

公式 (E.5) 中：

$RCVS_{iov2}$ —基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.5) 中，ACR 的参数含义见公式 (E.1)。

(6) 基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.6) 计算。

$$RCVS_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca1} \times SF_i} \quad (E.6)$$

公式 (E.6) 中：

$RCVS_{iiv}$ —基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.6) 中，ACR 的参数含义见公式 (E.1)。

(7) 基于 6 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.7) 计算。

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSEER_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOVER_{ca1} + IVOER_{ca2} + IIVER_{ca1}) \times SF_i} \quad (E.7)$$

在公式 (E.7) 中：

$RCVS_n$ —单一污染物（第 n 种）基于 6 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.7) 中 ACR 的参数含义见公式 (E.1)。

4.8.1.2 基于非致癌风险的土壤风险控制值

(1) 基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 附录 E 公式 (E.8) 计算。

$$HCVS_{ois} = \frac{RFD_0 \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}} \quad (E.8)$$

公式 (E.8) 中：

$HCVS_{ois}$ —基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

AHQ —可接受危害商，无量纲；取值为 1。

(2) 基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用《建设用
地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.9）计算。

$$\text{HCVS}_{\text{dcs}} = \frac{\text{RfD}_a \times \text{SAF} \times \text{AHQ}}{\text{DCSER}_{\text{nc}}} \quad (\text{E.9})$$

公式（E.9）中：

HCVS_{dcs} —基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

公式（E.9）中，AHQ 的参数含义见公式（E.8）。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用《建设
用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.10）计算。

$$\text{HCVS}_{\text{pis}} = \frac{\text{RfD}_i \times \text{SAF} \times \text{AHQ}}{\text{PISER}_{\text{nc}}} \quad (\text{E.10})$$

公式（E.10）中：

HCVS_{pis} —基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，
 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

AHQ 的参数含义见公式（E.8）。

(4) 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土
壤风险控制值，采用《建设用 地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）
附录 E 公式（E.11）计算。

$$\text{HCVS}_{\text{ioV1}} = \frac{\text{RfD}_i \times \text{SAF} \times \text{AHQ}}{\text{IOVER}_{\text{nc1}}} \quad (\text{E.11})$$

公式（E.11）中：

$\text{HCVS}_{\text{ioV1}}$ —基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效
应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

AHQ 的参数含义见公式（E.8）。

(5) 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土
壤风险控制值，采用《建设用 地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）
附录 E 公式（E.12）计算。

$$\text{HCVS}_{\text{ioV2}} = \frac{\text{RfD}_i \times \text{SAF} \times \text{AHQ}}{\text{IOVER}_{\text{nc2}}} \quad (\text{E.12})$$

公式（E.12）中：

$\text{HCVS}_{\text{ioV2}}$ —基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效
应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

AHQ 的参数含义见 (E.8)。

(6) 基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 附录 E 公式 (E.13) 计算。

$$HCVS_{iiv} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IIVER_{nc1}} \quad (E.13)$$

公式 (E.13) 中:

$HCVS_{iiv}$ —基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$;

AHQ 的参数含义见公式 (E.8)。

(7) 基于 6 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值, 采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 附录 E 公式 (E.14) 计算。

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{nc} + DCSE_{nc}}{RfD_0} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2} + IIVER_{nc1}}{RfD_i}} \quad (E.14)$$

公式 (E.14) 中:

$HCVS_n$ —单一污染物 (第 n 种) 基于 6 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

4.8.2 风险评估推导的土壤风险控制值

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 土壤风险控制值计算方法, 得出了污染物可接受的非致癌风险水平即目标危害商为 1, 可接受的致癌风险为 10^{-6} 水平下的土壤风险控制值。风险评估推导下土壤风险控制值苯并(a)芘为 $1.53mg/kg$ 、石油烃($C_{10}-C_{40}$)为 $4460mg/kg$ 、甲醛为 $36.5mg/kg$ 。

4.9 风险评估结论

基于第二类用地方式情景下, 项目地块土壤关注污染物中苯并(a)芘、石油烃($C_{10}-C_{40}$)、甲醛的人体健康风险**超过**可接受水平, 其中: 苯并(a)芘的致癌风险水平为 $4.78E-06$ (大于 $1.00E-06$), 非致癌危害商为 $2.49E-06$ (小于 1); 石油烃($C_{10}-C_{40}$)的非致癌危害商为 2.13 (大于 1); 甲醛的致癌风险水平为 $2.05E-06$ (大于 $1.00E-06$), 非致癌危害商为 $9.69E-02$ (小于 1)。因此, 项目地块土壤污染存在较大风险, 超过可接受水平, 需根据地块实际情况进行进一步分析, 确定修复/风险管控目标值, 需采取必要的风险管理手段。

不直接饮用情景下，项目地块地下水关注污染物甲醛、氟化物、砷、锑、石油烃（C10-C40）对人体健康风险可接受。地下水中锑污染物非致癌危害商为 $7.29\text{E}-08$ （小于 1）；砷污染物致癌风险为 $8.50\text{E}-12$ （小于 $1.00\text{E}-06$ ）、非致癌危害商为 $2.41\text{E}-07$ （小于 1）；甲醛致癌风险水平为 $3.87\text{E}-10$ （小于 $1.00\text{E}-06$ ）、非致癌危害商为 $2.50\text{E}-05$ （小于 1）。

5. 场地修复/管控目标及修复/管控范围确定

5.1 修复/管控目标值确定原则

为对场地风险进行管理，项目组根据导则要求制定各关注污染物的修复/管控目标值，并划定修复/管控范围。关于修复/管控目标值的确定，国家导则和技术指南的相关规定如下：

1) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）的规定，修复/管控目标值确定的依据为：分析比较按照 HJ25.3 计算的土壤风险控制值和地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量和国家有关标准中规定的限值，合理提出土壤目标污染物的修复/管控目标值。

2) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定：初步修复/管控目标值，是根据场地可接受污染水平、场地背景值或本底值、经济技术条件和修复/管控方式（修复和工程控制）、当地社会经济发展水平等因素综合确定的、场地土壤中的污染物修复/管控后需要达到的限值。污染场地最终修复/管控目标的确定，还应综合考虑修复/管控后土壤的最终去向和使用方式、修复/管控技术的选择、修复/管控时间、修复/管控成本以及法律法规、社会经济等因素。

根据导则要求和项目的实际情况，本项目土壤修复/管控目标值的设置原则为：

1) 原则上用风险控制值作为修复/管控目标值，风险控制值低于筛选值，则采用筛选值作为修复/管控目标值；修复/管控目标值应低于国家风险管制值。

2) 如当地背景值高于筛选值和风险控制值，则选取背景值作为修复/管控目标值。

5.2 修复/管控目标值确定

基于上述方法和原则，确定项目地块土壤污染修复/管控目标，具体见表 5.2-1。其中，苯并(a)芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）及甲醛的修复/管控目标值均采用第二类用地筛选值。

表 5.2-1 项目地块土壤污染修复/管控目标值一览表

序号	污染物	风险控制值 (mg/kg)	第二类用地 筛选值 (mg/kg)	第二类用地 管制值 (mg/kg)	修复/管控 目标值 (mg/kg)
1	苯并(a)芘	1.53	1.5	15	1.53
2	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	4460	4500	9000	4500
3	甲醛	36.5	36.6	/	36.6

5.3 污染土壤修复/管控面积及土方量计算

5.3.1 污染土壤修复/管控范围的确定方法与原则

(1) 土壤污染水平范围确定

考虑详调孤立点位已经按 10 m×10 m 的高密度进行布点采样，连片污染区域按 20 m×20 m 网格进行布点采样，本地块污染区域土壤采样点分布密集，且考虑到土壤本身的不均质性等特性，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）》的要求，土壤污染水平范围的确定采用无污染点位连线法和场区平面布局判断，估测出污染物的超标范围。

采用无污染点位连线法进行确定风险管控和修复/管控范围时，如果污染范围在边界附近，且边界无控制点，则以垂直于边界进行范围确定。

确定污染土壤修复/管控范围图须提供拐点坐标。

(2) 土壤污染垂直范围的确定

在垂直方向上，确定土壤的修复/管控深度时，以超筛选值点位所在层次为修复/管控对象，其中，表层存在一定超筛选值情况时，以地表作为修复/管控上边缘；当污染土壤存在变层时，分别考虑不同层次间污染分布情况确定。

修复/管控范围根据不同深度的污染程度分别划定，分层图示，明确分层污染土方量。

5.3.2 污染土壤修复/管控面积及土方量计算

土壤超筛选值垂直深度的确定以详细采样的垂向采样区间为单位划分层次，每一层次样品以周边点位同层次未超筛选值样品作为封边条件，采用外连线法划定；超筛选值平面范围的确定按照各层次叠加后的最大投影面积来划分。结

合初步采样、详细采样、补充深度采样的样品检测结果，本项目垂向上将污染土壤划分为 0-0.5m、0.5-1.5m、1.5-2.5m、2.5-3.5m、3.5-4.5m、4.5-5.5m、5.5-6.5m、6.5-7.5m 共八层，分层计算土壤修复/管控面积及方量。

基于分层计算的污染土壤修复/管控范围空间叠加后，项目地块污染土壤修复/管控总面积为 5170m²，总方量为 5991m³，总修复/管控深度为 0-7.5m。

6. 结论与建议

6.1 结论

6.1.1 第二阶段采样调查结论

根据第二阶段初步采样及详细采样结果汇总，土壤样品所检测分析的各项指标中，苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛超过第二类用地筛选值，总氟化物、铅、六价铬、镍、锑等污染物不同程度超过第一类用地筛选值，苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛分别超第二类用地筛选值 0.7 倍、0.1 倍、0.2 倍，总氟化物、铅、六价铬、镍、锑最大超筛选值倍数分别为 1.0 倍、0.3 倍、0.4 倍、0.8 倍、1.8 倍。经排查，铅属于异常点，其超标不具有代表性。

场地地下水中氟化物、甲醛、砷、锑不同程度超过相应的地下水污染筛选值。地下水中氟化物、甲醛、砷、锑存在不同程度的**超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV 类水标准**（其中甲醛的评价标准为基于生活饮用水卫生标准），最大超标倍数分别为 1.7 倍（氟化物，W3）、0.6 倍（可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀））、0.7 倍（甲醛，W9）、7.6 倍（砷，W5）、1.6 倍（锑，W3）。此外，除 W2、W4、2W2、2W4、W8 外，地块内 14 口地下水监测井氨氮全部超过 IV 类水标准，最大超标 22.3 倍；W9、2W3、2W5、2W7、2W9 等 5 口地下水监测井硫化物超过 IV 类水筛选值。

项目地块土壤和地下水污染存在不可忽略的人体健康风险，调查地块需根据地块未来规划开展风险评估，关注污染物为超筛选值污染物，其中土壤关注污染物包括石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、苯并（a）芘，地下水关注污染物包括氟化物、甲醛、砷、锑。

6.1.2 人体健康风险评估结论

（一）地块污染风险水平

基于第二类用地方式情景下，项目地块土壤关注污染物中苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛的人体健康风险**超过**可接受水平，其中：苯并（a）芘的致癌风险水平为 4.78E-06（大于 1.00E-06），非致癌危害商为 2.49E-06（小于 1）；石油烃（C₁₀-C₄₀）的非致癌危害商为 2.13（大于 1）；甲醛的致癌风险水平为 2.05E-06（大于 1.00E-06），非致癌危害商为 9.69E-02（小于 1）。因此，

项目地块土壤污染存在较大风险，超过可接受水平，需根据地块实际情况进行进一步分析，确定修复/风险管控目标值，需采取必要的风险管理手段。

不直接饮用情景下，项目地块地下水关注污染物甲醛、氟化物、砷、镉、石油烃（C10-C40）对人体健康风险可接受。地下水中镉污染物非致癌危害商为 $7.29E-08$ （小于 1）；砷污染物致癌风险为 $8.50E-12$ （小于 $1.00E-06$ ）、非致癌危害商为 $2.41E-07$ （小于 1）；甲醛致癌风险水平为 $3.87E-10$ （小于 $1.00E-06$ ）、非致癌危害商为 $2.50E-05$ （小于 1）。

（二）场地修复/管控目标与修复/管控范围

基于人体健康风险评估结果，建议的苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛土壤修复/管控目标值分别为 1.53mg/kg、4500mg/kg、36.6mg/kg。

基于分层计算的污染土壤修复/管控范围空间叠加后，项目地块污染土壤修复/管控总投影面积为 5170m²，总方量为 5991m³，总修复/管控深度为 0-7.5m。

6.2 建议

根据本次地块环境调查和风险评估结果，该地块需开展环境修复/管控才能进行下一步的开发利用。在本次调查工作完成后至该地块环境修复/管控方案经环保部门备案前，地块责任单位应对修复/管控区域进行必要的管理和保护，避免修复/管控区域受到扰动而影响下一步环境修复/管控工作。在土地使用权变更时，应将场地环境状况充分告知未来的业主，做好污染区域相关资料交接。如将来土地利用规划调整，应按照规范要求重新开展土壤污染状况调查等相关工作。

土壤中目标污染物的关键风险暴露途径为经口摄入和呼吸吸入，地块正式开发建设前，应结合其关键暴露途径制定相应的风险管理措施。建议具体保护措施为：对修复/管控区域进行围蔽，在修复/管控/管控区域边界悬挂明显标志，在地块修复/管控实施方案通过相关主管部门备案之前，禁止任何单位和人员开挖、取土等扰动修复/管控区域的行为，确保下一步修复/管控工作的顺利开展。

修复/管控工程实施过程中，应加强人员健康安全防护，了解本地块污染物的毒性及暴露途径，以确保工作人员健康。提高环境质量安全意识，严防实施过程中的环境二次污染问题。

地下水环境风险管理：项目地块内地下水中 pH 值、氟化物、甲醛、砷、锑等污染物不同程度超出《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的 IV 类标准，在项目地块土壤污染风险达到可接受水平前，禁止在项目区域边界范围内对其地下水进行饮用或灌溉等活动，同时建议后期开发利用过程中应禁止对场地内的地下水进行利用或作为饮用水。此外，本地块地下水埋深较浅，在修复/管控施工、开发建设施工过程中若地块内涉及开挖等可能扰动地下水的情况，须重点关注地块开挖过程中产生的基坑水和排水，施工工人必须装备必要的防护用具，避免皮肤直接接触到地下水和吸入地下水中的挥发性有机物。建议在开发施工过程中将场地内挖掘出的地下水处理达到相关污水排放标准后再排入周边市政污水管网，纳入城市污水处理厂进一步处理。

项目地块部分区域土壤中苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）、甲醛、总氟化物、六价铬和锑不同程度超过相应的第一类用地筛选值，后续开发利用过程中应对该区域土壤进行妥善环境管理，避免外运到第一类用地区域中。

6.2.1 超一类不超二类环境管理范围的确定方法与原则

（1）土壤污染水平范围确定

考虑详调孤立点位已经按 10 m×10 m 的高密度进行布点采样，连片污染区域按 20 m×20 m 网格进行布点采样，本地块污染区域土壤采样点分布密集，且考虑到土壤本身的不均质性等特性，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）》的要求，土壤污染水平范围的确定采用无污染点位连线法和场区平面布局判断，估测出污染物的超标范围。

采用无污染点位连线法进行确定风险管控和修复/管控范围时，如果污染范围在边界附近，且边界无控制点，则以垂直于边界进行范围确定。

确定污染土壤管控范围图须提供拐点坐标。

（2）土壤污染垂直范围的确定

在垂直方向上，确定土壤的管控深度时，以超筛选值点位所在层次为管控对象，其中，表层存在一定超筛选值情况时，以地表作为管控上边缘；当污染土壤存在变层时，分别考虑不同层次间污染分布情况确定。

管控范围根据不同深度的污染程度分别划定，分层图示，明确分层污染土方量。