

广州浪奇化工厂地块二土壤污染
风险评估报告
(报送稿简本)

土地使用权人：广州市土地开发中心

代业主管理单位：广州环投控股有限公司

土壤污染风险评估单位：广州华浩能源环保集团股份有限公司

二零二三年二月

工程咨询单位乙级资信证书

资信类别： 专业资信

单位名称： 广州华浩能源环保集团股份有限公司
住 所： 广州市越秀区解放南路123号金汇大厦401室
统一社会信用代码： 91440101716350241A
法定代表人： 戴自觉 技术负责人： 曹雷
证书编号： 91440101716350241A-18ZY18
业 务： 市政公用工程 ， 生态建设和环境工程



发证单位： 广东省工程咨询协会
2019年09月30日



广东省发展和改革委员会监制



检验检测机构 资质认定证书

证书编号：201719022020

名称：广东省地质实验测试中心

地址：广州市东风东路 751 号

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。

资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律 responsibility 由广东省地质实验测试中心承担。

许可使用标志



201719022020

注：需要延续证书有效期的，应当在证书届满有效期 3 个月前提出申请，不再另行通知。

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

发证日期：2018 年 03 月 15 日

有效期至：2024 年 03 月 14 日

发证机关：(印章)



复查

摘要

一、地块基本情况

地块名称：广州浪奇化工厂地块二

占地面积：107386.54m²

地理位置：广州市天河区黄埔大道东 128 号（中心经纬度：东经 113.38674°，北纬 23.11624°）

土地使用权人：广州市土地开发中心

代业主管理单位：广州环投控股有限公司

地块土地利用现状：调查地块原隶属于广州市浪奇实业股份有限公司，始建于 1959 年，前身是广州硬化油厂，是中国华南地区历史最悠久的洗涤用品生产企业之一，也是我国洗涤行业大型骨干企业，公司主要产品有洗衣粉、液体洗涤剂、皂类和日化洗涤材料等的生产。调查地块为工业用地，现地块建筑物已全部拆除。

未来规划：根据《广州国际金融城东区规划信息》文件中《金融城东区控制性详细规划通告附图》显示该地块未来用地规划内容包括商业用地（B1）、商务用地（B2）、公园绿地（G1）（非社区公园或儿童公园用地）、防护绿地（G2）和水域（E1），拟建设广州国际金融城，故该地块未来规划均属于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中规定的第二类用地。地块所在区域浅层地下水划定为属“珠江三角洲广州海珠至南沙不宜开采区”，地下水现状为 V 类，地下水功能区保护目标中水质类别为 V 类。其中地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的功能应用（如再开发利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）。

土壤污染状况调查单位：广州华浩能源环保集团股份有限公司（以下简称“华浩环保”，调查单位）、广东省地质实验测试中心（以下简称“省地质中心”，检测单位）、广州市普罗环保科技有限公司和广州再勇钻探咨询服务有限公司（钻探单位）、广州检验检测认证集团有限公司（质控单位）。

调查缘由：根据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日实施）、广州市生态环境局关于印发《广州市建设用地土壤污染状况调查报告评审工作程序（试行）》的通知（穗环〔2020〕50号）等文件要求，从事过有色金属矿采选、金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、造纸、印染、汽车拆解、造船、医药制造、铅酸蓄电池制造、废旧电子拆解和危险化学品生产、储存、使用等行业企业用地，其用途变更或土地使用权收回、转让的调查地块再开发利用前需要开展土壤污染状况调查，以利于下一步开展必要的地块风险防控、环境管理工作和环境保护主管部门的监督工作。2020年，因广州市城市更新改造需要，调查地块被广州市土地开发中心收储，调查地块因从事过化工生产，结合地块未来用地规划，需按要求开展土壤污染状况调查。

二、前期土壤污染状况调查工作回顾与结论

1、第一阶段调查

2020年9~2022年9月，华浩环保与省地质中心联合组成项目组，对地块二（以下简称“调查地块”）开展初步采样调查工作，编制了《广州浪奇化工厂地块二土壤污染状况初步调查报告》，报告显示：

（一）污染识别结果

（1）调查地块内

为更清楚介绍地块历史沿革，结合地块历史功能分区，将地块自编分为5个区域：

区域1：位于地块西北部，占地面积为9610.44平方米，主要涉及功能区有机修车间、办公楼、饭堂、汽车维修处等。机修、汽修车间的设备维修过程中存在废机油泄漏的风险，故区域1关注的特征污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）、多环芳烃。

区域2：位于地块中西部，占地面积为18602.13平方米，主要涉及功能区为香皂生产区及配套辅助设施（锅炉房、重油库、煤场及煤渣场、冷冻房等）。

香皂生产区关注的特征污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）；冷冻房关注的特征污染物为氟化物、石油烃(C₁₀-C₄₀)；锅炉房及配套的煤场和煤渣场、重油库关注的特征污染物为石油烃(C₁₀-C₄₀)、苯系物、氟化物、硫化物、多环芳烃、重金属（砷、汞）。

因此区域 2 关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、多环芳烃、苯系物、氟化物、硫化物、重金属（砷、汞）。

区域 3：位于地块西南部，占地面积为 25244.54 平方米，主要涉及功能区主要包括硬化油生产区、仓库（包括新危险品仓库、化工仓、成品仓库、劳保仓、五金仓等）、塑料瓶生产车间、新污水处理站以及烷基苯码头、变压房等。

硬化油生产区域关注的特征污染物为石油烃(C₁₀-C₄₀)、重金属（铜、镍）；塑料瓶生产车间关注的特征污染物为邻苯二甲酸酯类；烷基苯码头及输送管线关注的特征污染物为苯系物；变压房关注的特征污染物为多氯联苯、石油烃(C₁₀-C₄₀)、多环芳烃；危险品仓库关注的特征污染物为甲醛、石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、苯系物、多环芳烃；化工仓（即原料仓）关注的特征污染物为阴离子表面活性剂（LAS）；污水处理站关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、多环芳烃、氟化物、甲醛、苯系物、氯代烃、硫化物、邻苯二甲酸酯类、重金属（铜、铅、镍、镉、砷、汞）、阴离子表面活性剂（LAS）。

因此区域 3 关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、多环芳烃、氟化物、甲醛、苯系物、氯代烃、多氯联苯、硫化物、邻苯二甲酸酯类、重金属（铜、铅、镍、镉、砷、汞）、阴离子表面活性剂（LAS）。

区域 4：位于地块东南部，占地面积为 43370.93 平方米，主要涉及功能区包括洗衣粉生产区（主要位于调查地块外北侧地块一，小部分位于本调查地块内）、液体洗涤剂生产区、磺化产品生产区等，历史时期曾作为合成脂肪酸、甘油、三磷酸五钠生产区、烷基苯生产区、苯库及苯储罐区和旧污水处理站。

洗衣粉生产车间关注的特征污染物为阴离子表面活性剂（LAS）；液洗车间关注的特征污染物为氯代烃、苯系物、阴离子表面活性剂（LAS）；磺化车间关注的特征污染物为硫化物、苯系物、阴离子表面活性剂（LAS），配套的烷基苯储罐区关注的特征污染物为苯系物；烷基苯车间关注的特征污染物为苯系物、石油烃(C₁₀-C₄₀)、氯代烃；烷基苯生产配套的苯储罐、苯库关注的特征污染物为苯系物；甘油车间、合成脂肪酸生产区域关注的特征污染物为石油烃(C₁₀-C₄₀)；塑料瓶生产车间关注的特征污染物为邻苯二甲酸酯类；配电房关注的特征污染物为多氯联苯和石油烃(C₁₀-C₄₀)；冷冻房关注的特征污染物为氟化物、石油烃(C₁₀-C₄₀)；维修间关注的特征污染物为石油烃(C₁₀-

C₄₀)、多环芳烃；旧危险品仓库关注的特征污染物为甲醛、石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、苯系物、多环芳烃；中试车间关注的特征污染物为阴离子表面活性剂(LAS)、石油烃(C₁₀-C₄₀)。旧污水处理站关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、多环芳烃、氟化物、甲醛、苯系物、氯代烃、硫化物、邻苯二甲酸酯类、重金属(铜、铅、镍、镉、砷、汞)、阴离子表面活性剂(LAS)。

因此区域4关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、多环芳烃、氟化物、甲醛、苯系物、氯代烃、多氯联苯、硫化物、邻苯二甲酸酯类、重金属(铜、铅、镍、镉、砷、汞)、阴离子表面活性剂(LAS)。

区域5：位于地块东北部，占地面积为10558.50平方米，主要涉及功能区有维修间、修车场、化工桶和可回收材料堆放区等。

机修车间、修车场在设备和汽车维修过程中存在废机油泄漏风险造成土壤和地下水石油烃(C₁₀-C₄₀)、多环芳烃污染；化工桶和吨袋堆放过程中残留化工原料有泄漏的风险造成土壤和地下水石油烃(C₁₀-C₄₀)、甲醛、苯系物、硫化物、阴离子表面活性剂(LAS)污染。

因此区域5关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、多环芳烃、甲醛、苯系物、硫化物、阴离子表面活性剂(LAS)。

综上，地块内关注的特征污染物包括石油烃(C₁₀-C₄₀)、石油烃(C₆-C₉)、多环芳烃、氟化物、甲醛、苯系物、氯代烃、多氯联苯、硫化物、邻苯二甲酸酯类、重金属(铜、铅、镍、镉、砷、汞)、阴离子表面活性剂(LAS)。

(2) 调查地块相邻地块

根据调查地块外相邻地块污染源分析可得出，对调查地块可能产生影响的企业包括地块外东侧的广州市天河南方汽车修配厂，地块外南侧的车陂十一社工业园，地块外西北侧的东郊家具材料厂、车陂砖窑厂和广州彩釉砖厂，以及地块外中北侧的广州浪奇化工厂地块一。根据相邻地块污染识别结果，相邻地块有可能迁移到调查地块的特征污染物包括甲醛、苯系物、石油烃(C₁₀-C₄₀)、多环芳烃、多氯联苯、邻苯二甲酸酯类、氟化物、硫化物、重金属(铜、铅、镍、镉、砷、铬(六价)、汞)及阴离子表面活性剂(LAS)。

(3) 污染识别结果

根据污染源识别结果，结合污染物毒性评估，调查地块关注的特征污染物主要包括石油烃（C₁₀-C₄₀）、石油烃（C₆-C₉）、多环芳烃、氟化物、甲醛、苯系物、氯代烃、多氯联苯、邻苯二甲酸酯类、重金属（铜、铅、镍、镉、砷、铬（六价）、汞）、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）；为防止污染源识别遗漏，保守起见，在涉及化学反应区（硬化油生产、合成脂肪酸生产、磺化生产区等区域）增加检测其他挥发性有机物（17项）和其他半挥发性有机物（33项）。

2、第二阶段调查-初步采样调查

在初步调查阶段，选用专业布点法在各重点关注区域布设监测点，监测点布置在疑似污染的香皂生产区域、硬化油生产区域、洗衣粉生产区域、甘油生产区域、合成脂肪酸生产区域、烷基苯生产区域、磺化产品生产区域、液体洗涤剂生产区域、危险品仓库、储罐区、煤场及煤渣场、油库及输油管网、变压器、污水处理站、污水管网附近及污染物迁移方向的下游等，布点数量不低于40m×40m的网格1个点。第二阶段土壤污染状况调查初步采样调查共布设土壤监测点位84个（不含土壤对照点），采样时间为2020年10~11月、2021年1~2月、2022年9月，共采集土壤样品430组（不含现场平行样品）；在地块南部污水处理站附近布设了2个底泥监测点位，共采集2组样品（不含现场平行样品）；在地块外设置土壤对照点位2个（分别位于广州浪奇化工厂地块外西北方3.2km绿地和东北方3.1km绿地），共采集土壤对照样品2组，采样时间为2021年3月1日。土壤检测指标包括理化性质（2项）、GB36600-2018中的基本项（45项）、石油烃（2项）、多环芳烃（8项）、邻苯二甲酸酯类（6项）、氟化物、硫化物、多氯联苯、甲醛、其他VOCs（17项）、其他SVOCs（33项）。初步采样调查共布设地下水监测井12口，采集地下水样品12组，采样时间为2020年11月18~20日；在地块外设置地下水对照点位2个（分别位于地块外北面1.5m荒地和地块外南面3m荒地），采集2组地下水对照样品，采样时间为2021年3月1日。地下水样品检测项目包括常规指标项目（2项）、重金属和无机物（9项）、石油烃（2项）、多氯联苯、甲醛、阴离子表面活性剂（LAS）、VOCs（41项）、SVOCs（58项）。

根据初步调查采样检测分析结果：

(1) **土壤样品**：地块外设置的 2 个土壤对照点均未超第二类用地筛选值标准。地块内布设的 84 个土壤监测点位中，超二类用地筛选值点位共 15 个（S28、S50、S53、S59、S60、S61、S66、S69、S72、S73、S76、S83、S86、S87、S92），超筛选值指标为**镍、氯仿、苯、1,4-二氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）或 4-氯苯胺**。其中，**镍**超筛点位 1 个（S28），位于硬化油生产区触媒车间，最大超筛倍数为 0.56，超筛选值样品最大采样深度为 3.5m；**氯仿**超筛点位 1 个（S76），位于地块南侧液洗车间，最大超筛倍数为 9.03，超筛选值样品最大采样深度为 1.4m；**苯**超筛点位 3 个（S59、S61、S66），分别位于旧污水处理站、苯储罐区和磺化车间，最大超筛倍数为 5.98，超筛选值样品最大采样深度为 6.7m；**1,4-二氯苯**超筛点位 2 个（S59、S61），分别位于旧污水处理站和磺化储罐区，最大超筛倍数为 18.35，超筛选值样品最大采样深度为 5.6m；**石油烃（C₁₀-C₄₀）**超筛点位 11 个（S53、S59、S60、S66、S69、S72、S73、S83、S86、S87、S92），分别位于输油管线、污水处理站、冷冻房、泵房、机修车间、污水管线旁、烷基苯集散库、液洗维修车间、硬化油储油库，最大超筛倍数为 10.89，超筛选值样品最大采样深度为 6.9m；**4-氯苯胺**超筛点位 1 个（S50），位于地块西南角危险品仓北侧，超筛倍数为 3.81，超筛选值样品最大采样深度为 0.4m。底泥超二类用地筛选值点位共 1 个（DN03），超筛选值指标为**石油烃（C₁₀-C₄₀）**，其余指标均未超筛，DN03 位于区域 3 新污水处理站综合池南侧调查红线附近。根据上述结果，需要对调查地块**镍、氯仿、苯、1,4-二氯苯、石油烃(C₁₀-C₄₀)、4-氯苯胺**超筛点位开展详细调查。

另外调查地块内部分点位镍、铜、汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、氯仿、苯、1,4-二氯苯、4-氯苯胺、苯并[a]芘、甲醛超一类用地筛选值但不超二类用地筛选值，该部分土壤需进行环境管理，不得外运至现状为一类用地或规划为一类用地的区域内。

(2) **地下水样品**：地块外设置的 2 个地下水对照点中 DZGW02 水井的硫化物和阴离子表面活性剂（LAS）超相应筛选值，其他指标的检测结果均低于本报告所选取的风险筛选值（地下水筛选值为《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 IV 类标准或《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的计算方法、模型和参数推导值）。地块内布设的 12 口地下水监测井中共 10 口（GW01、GW02、GW04、GW07~13）超筛，超筛指标为氟化物、砷、苯、1,2,4-三氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）。其中氟化物超筛（IV 类标准）水井共 1 个

(GW10)，超筛倍数为 0.11；砷超筛（IV类标准）水井共 2 个（GW08、GW09），最大超筛倍数为 0.17；苯超筛（IV类标准）水井共 1 个（GW08），超筛倍数为 2.08；1,2,4-三氯苯超筛水井共 1 个（GW09），超筛倍数为 0.42；石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛水井共 3 个（GW08、GW12、GW13），最大超筛倍数为 14.78。硫化物超筛（IV类标准）点位 6 个（GW01、GW04、GW09、GW11、GW12、GW13），最大超筛选值倍数为 250；阴离子表面活性剂（LAS）超筛（IV类标准）水井 10 个（GW01、GW02、GW04、GW07~13），最大超筛选值倍数为 275.83；根据初步调查检测结果，需对调查地块地下水中氟化物、砷、苯、1,2,4-三氯苯、可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）开展详细调查。

3、第二阶段调查-详细采样调查

详细调查样品采集检测情况说明如下：

详细采样调查共布设 119 个土壤监测点位，采集样品 772 组，**第一次加密**（2021 年 1~5 月）布设 73 个土壤监测点位（S66-1、S72-1、S50-1~S50-3、S28-1~S28-8、S76-1~S76-8、X1~X31、X44~X55、2BS06、2BS07、2BS34、2BS35、2BS37、XDN03-1~XDN03-4），共采集 564 组样品，检测指标包括石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、1,4-二氯苯、氯仿、4-氯苯胺、镍；**第二次加密**（2021 年 11 月 15~17 日）布设 46 个土壤监测点，采集 208 组样品，检测指标包括石油烃（C₁₀-C₄₀）、4-氯苯胺、1,2,4-三氯苯、苯、1,4-二氯苯、砷、镍、氯仿、氟化物。检测结果显示：

（1）调查地块共 25 个土壤点位（S66-1、S72-1、S28-4、S28-5、S28-8、S50-3、S76-4、S76-6、X4、X8、X10、X16、X18、X23、X25、X29、X44、X48、X49、2XS02、2XS04、2XS08、2XS24、X57、XDN03-4）超二类用地筛选值，超筛选值指标包括石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿或 1,4-二氯苯。其中，石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛点位共 17 个（S66-1、S72-1、X4、X8、X10、X16、X18、X23、X25、X29、X44、X57、2XS02、2XS04、2XS08、2XS24、XDN03-4），超筛样品 34 个，超筛深度范围为 0~5.0m，最大超筛倍数为 17.84；**苯**超筛点位共 3 个（X23、X25、X29），超筛样品 4 个，超筛深度范围为 2.0~4.0m，最大超筛倍数为 17.68；**1,4-二氯苯**超筛点位共 1 个（X23），超筛样品 2 个，超筛深度范围为 2.0~4.0m，最大超筛倍数为 8.40；**镍**超筛点位共 3 个（S28-4、S28-5、S28-8），超筛样品 3 个，超筛深度范围

为 0.5~1.0m、2.0~2.5m，最大超筛倍数为 1.43；**氯仿**超筛点位共 2 个（S76-4、S76-6），超筛样品 2 个，超筛深度范围为 2.0~2.5m，最大超筛倍数为 5.76；**4-氯苯胺**超筛点位共 3 个（S50-3、X48、X49），超筛样品 5 个，超筛深度范围为 0~2.0m，最大超筛倍数为 71.63。

（2）调查地块中共 31 个点位超一类用地筛选值但不超二类用地筛选值。根据相关规定，这些点位所在区域的土壤应采取适当环境管理措施，不得外运至现状为一类用地或规划为一类用地的区域内。

（二）地下水监测情况及结果

详细调查阶段共布设 27 个地下水监测井，**2021 年 3 月 1~2 日**布设 6 口地下水监测井（XGW01、XGW03、XGW04、XGW06、XGW07、XGW08），采集 6 组地下水样品，检测指标包括 pH、浑浊度、可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、1,2,4-三氯苯、苯、砷、氟化物、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）；**2021 年 5 月 26~27 日**共布设 17 口地下水监测井（2BGW01、2BGW03~2BGW18），监测指标为可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、氯代烃（18 项中的重质）、多环芳烃（16 项中的重质）、邻苯二甲酸酯类（6 项中的重质）、多氯联苯、防泄漏指标重质；**2021 年 11 月 15~17 日**布设 4 口水井（2XGW01-浅井、2XGW01-深井、2XGW02-浅井、2XGW02-深井），检测指标包括可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯。检测结果显示：

地下水监测点共 19 口水井超筛，超筛指标为**可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、砷、1,2,4-三氯苯、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）**。其中可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）共 5 口水井（XGW08、2BGW11、2XGW01-浅井、2XGW02-浅井、2XGW02-深井）超筛，最大超筛倍数为 77.3；**苯**共 1 口水井（2XGW02-浅井）超筛（IV 类标准），超筛倍数为 1.41；**砷**共 1 口水井（XGW03）超筛（IV 类标准），超筛倍数为 1.70；**1,2,4-三氯苯**共 1 口水井（2BGW09）超筛，超筛倍数为 0.55；**硫化物**共 4 口水井超筛（IV 类标准），最大超筛倍数为 49.1，**阴离子表面活性剂（LAS）** 17 口水井超筛（IV 类标准），最大超筛倍数为 201.33。

4、采样调查小结

经过初步调查和详细调查，调查地块土壤及地下水污染情况已被查清，结合未来用地规划，根据规范要求需进入下一阶段风险评估。风险评估的关注污染物为：

(1) 调查地块土壤中的石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯；

(2) 调查地块地下水中的可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、氟化物、1,2,4-三氯苯、砷、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）；

(3) 调查地块土壤污染状况调查报告经环保部门等相关部门备案并获得相关主管部门施工许可前，土地使用权人应对地块落实必要的环境管理和有效保护措施，避免地块受到扰动。具体保护措施包括设立明显标示或围蔽，禁止任何单位和人员开挖、取土等扰动地块的行为，确保下一步工作的顺利开展和环境安全。

(4) 另外，对于地块中超一类用地筛选值但不超二类用地筛选值的土壤需进行后期环境管理，不得外运至现状为一类用地或规划为一类用地的区域内。

三、风险评估结论

(1) 土壤暴露情景及受体分析：

根据《广州国际金融城东区规划信息》文件中《金融城东区控制性详细规划通告附图》显示本风险评估地块未来用地规划显示该地块未来用地规划为商业用地（B1）、商务用地（B2）、公园绿地（G1）、防护绿地（G2）和水域（E1），拟建设广州国际金融城，其中地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。对于致癌效应和非致癌效应。考虑人群的终身暴露危害，根据成人期的暴露来评估污染物的终身致癌风险和非致癌风险；该用地情景下敏感人群主要是地块的商户、工作人员、客人等成人。

(2) 暴露途径：

土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯暴露途径主要是经口摄入土壤，皮肤接触土壤吸入土壤颗粒物，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物。

地下水的暴露途径主要为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。

(3) 风险值表征：

1、按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算关注污染物的风险值，调查地块土壤中关注污染物（通过毒性分析结论以及参数和暴露途径分析本地块识别的污染物硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）不再计算其风险值，主要关注的可计算风险值的土壤污染物为苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯。

苯的致癌风险为 1.25E-05，风险不可接受；非致癌风险为 4.97E-01 小于 1，风险可接受；土壤中苯总的风险值不可接受；

石油烃（C₁₀-C₄₀）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 19.4 大于 1，土壤中风险不可接受；

4-氯苯胺的致癌风险为 7.27E-05，风险不可接受；非致癌风险为 5.56E-01 小于 1，风险可接受；土壤中 4-氯苯胺总的风险值不可接受；

镍的致癌风险为 3.25E-06，风险不可接受；非致癌风险为 1.09 大于 1，风险不可接受；土壤中镍总的风险值不可接受；

氯仿的致癌风险为 7.25E-06，风险不可接受；非致癌风险为 3.24E-02 小于 1，风险可接受；土壤中氯仿总的风险值不可接受；

1,4-二氯苯致癌风险为 1.07E-05，风险不可接受；非致癌风险为 2.92E-02 小于 1，风险可接受；土壤中 1,4-二氯苯总的风险值不可接受；

结合未来规划用地性质，因此本项目土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯超过了风险可接受水平，需进行土壤修复或管控。

2、地下水

按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算关注污染物的风险值，调查地块地下水中关注污染物为苯、砷、氟化物、石油烃（C₁₀-C₄₀）、1,2,4-三氯苯。

苯的致癌风险为 6.66E-08 小于 1×10^{-6} ，非致癌风险为 2.64E-03 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

石油烃（C₁₀-C₄₀）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 1.40E-02 小于 1，地下水风险可接受，不需进行修复；

地下水中 1,2,4-三氯苯致癌风险值无法计算，非致癌风险为 $2.12E-04$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

地下水中氟化物致癌风险值无法计算，非致癌风险为 $2.35E-03$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

地下水中砷无暴露途径，无需计算其风险值。

综上所述，结合未来规划用地性质，本项目地下水中石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、苯、氟化物、1,2,4-三氯苯风险可接受，不需进行地下水修复。

(4) 风险控制值：

考虑和分析方法的一致性，因此本项目关注污染物石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）（征求意见稿）》编制说明（2018.1）文件，采用芳香类（ $C_{10}-C_{16}$ ）段的毒性参数计算评估其在调查地块内的风险。关注污染物石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯的毒性参数采用 HJ25.3 推荐的相关参数计算其在调查地块内的风险表征，按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算出土壤中石油烃的风险控制值为 4364.885mg/kg ，苯为 6.000mg/kg ，4-氯苯胺为 8.542mg/kg 、镍为 672.303mg/kg 、氯仿为 1.246mg/kg 、1,4-二氯苯为 36.268mg/kg 。

(5) 修复目标值及范围估算：

根据修复目标值选取原则石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）选第二类用地筛选值 4500mg/kg 作为修复目标值，4-氯苯胺选取 8.542mg/kg 作为修复目标值，镍选取 900mg/kg 作为修复目标值，苯、氯仿、1,4-二氯苯应该选风险控制值作为修复目标值，结合本风险评估地块在未来规划，可能存在地下室建设，考虑到后期开发过程管控土壤存在扰动、开挖、运输等风险，经和业主商量讨论，本地块污染物均选取筛选值（苯： 4mg/kg 、氯仿 0.9mg/kg 、1,4-二氯苯： 20mg/kg ）作为修复目标值。调查地块内总的修复及管控投影面积为 19583.6m^2 ，总修复土方量为 43691.3m^3 。

(6) 地下水治理范围估算：

鉴于地块地下水颜色异味较为明显，同时对地块地下水异味及颜色进行了专项研究，由于地块调查存在一定的不确定性，建议对于地块内地下水存在严重异味和颜色区域进行环境治理。

通过地下水专项报告分析和本项目初步调查、详细调查检测结果可知，调查地块部分区域地下水有明显颜色主要是由硫化物、烷基苯、烷基苯磺酸及其相关衍生物（代表指标：阴离子表面活性剂（LAS））、可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）及腐殖酸等造成；调查地块部分区域地下水有严重异味主要是由硫化物、苯系物等有刺激性气味物质造成的；后期在土壤修复过程中需要对有明显颜色和异味范围的地下水进行治理。

调查地块地下水含水层属松散岩类孔隙水，含水层上部淤泥质黏土层在地块范围内局部缺失，不连续分布，即目标含水层上部无连续、稳定的隔水层；由初步调查、详细调查和浪奇公司地勘资料显示，调查地块从上到下土层分布大致为：杂填土、淤泥质土、砂土、粘土、风化泥岩，有一层连续稳定的粉质粘土层，厚度为 0.6-4.8m，调查地块西侧为车陂涌，由于含水层底板深度的不一致性，根据粉质粘土揭露深度等因素地下水治理深度约为 7-11.3m，具体治理深度可依据治理阶段获得的含水层揭露深度确定，但原则上不宜小于上述深度，治理面积约 25361.86 m²。

目 录

第一章 项目概况	5
1.1. 项目背景	5
1.2. 工作范围	7
1.3. 工作内容及工作目的	11
1.4. 工作依据	11
1.4.1. 法律、法规和部门规章	11
1.4.2. 地方法规和政府规章	11
1.4.3. 国家及地方相关政策文件	12
1.4.4. 技术导则、标准及规范	12
1.4.5. 其他资料	13
1.5. 评估原则	13
1.6. 报告内容	14
第二章 地块概况	16
2.1. 区域环境与社会概况	16
2.2.1 地形地貌	16
2.2.2 土壤与自然资源	16
2.2.3 气候气象	18
2.2.4 行政区划与人口	19
2.2.5 经济发展概况	19
2.2. 区域水文地质特征	20
2.2.1. 区域地质结构	20
2.2.2. 区域水文地质特征	22
2.2.3. 地块所在区域地下水利用规划及使用现状	24
2.3. 调查地块水文地质特征	24
2.3.1. 调查地块土工样结果	24
2.3.2. 调查地块地质结构	27
2.3.3. 地下水井建井情况	32
2.3.4. 调查地块水文地质特征	35
2.3.5. 水文地质报告结论及建议	40
2.4. 调查地块及其相邻地块土地利用状况	41
2.4.1. 地块土地利用历史	41
2.4.2. 地块土地利用现状	42
2.4.3. 相邻地块土地利用历史及现状	42

2.4.4. 周边环境敏感目标	44
2.5. 调查地块未来用地规划	45
2.6. 前期土壤污染状况调查工作结论	48
2.6.1. 调查结果及建议	48
2.6.2. 地下水需治理的范围	50
第三章 土壤污染风险评估方法	52
3.1. 风险评估启动依据	52
3.1.1. 土壤风险评估启动依据	52
3.1.2. 地下水风险评估启动依据	52
3.2. 工作流程	53
第四章 危害识别	56
4.1. 关注污染物筛选	56
4.1.1. 土壤污染物	56
4.1.2. 地下水污染物	56
4.2. 受体分析	56
第五章 暴露评估	57
5.1. 污染物暴露浓度计算	57
5.2. 风险评估暴露情景	58
5.3. 暴露途径评估的方法和模型	59
5.3.1. 土壤中各污染物暴露途径的评估计算模型	59
5.3.2. 地下水中各污染物暴露途径的评估计算模型	62
5.4. 调查地块概念模型	64
5.5. 风险评估模型参数取值	65
5.5.1. 人体暴露参数	65
5.5.2. 调查地块土壤和地下水参数	67
5.5.3. 构筑物参数	68
5.5.4. 污染区参数	68
5.6. 暴露量计算结果	69
第六章 毒性评估	71
6.1. 关注污染物的健康效应	71
6.2. 污染物毒性特征	72
6.2.1. 石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	72
6.2.2. 苯	73
6.2.3. 1,2,4-三氯苯	73

6.2.4. 4-氯苯胺	73
6.2.5. 镍	73
6.2.6. 氯仿	74
6.2.7. 1,4-二氯苯	74
6.3. 关注污染物的毒性参数	74
第七章 风险表征	77
7.1. 风险表征计算模型	77
7.1.1. 风险评估公式的介绍	77
7.1.2. 可接受风险水平	77
7.2. 土壤中污染物计算模型	79
7.2.1. 土壤单一污染物致癌风险	79
7.2.2. 土壤单一污染物非致癌风险	81
7.3. 地下水中污染物计算模型	83
7.3.1. 地下水中单一污染物致癌风险	83
7.3.2. 地下水中单一污染物非致癌	83
7.4. 计算结果及评价	83
7.4.1. 土壤及地下水关注污染物的风险评估结果（第二类用地情景）	83
7.4.2. 关键暴露途径贡献率分析	85
7.5. 不确定性分析	86
7.5.1. 不确定性来源	86
7.5.2. 敏感性分析	87
第八章 风险控制值的计算	89
8.1. 土壤中风险控制值计算结果	89
8.1.1. 风险控制值的计算公式	89
8.2. 调查地块风险评估结论	92
第九章 修复范围及环境管理范围	93
9.1. 修复目标值	93
9.1.1. 修复目标值的选取原则	93
9.2. 修复范围	93
9.2.1. 修复范围划定原则	93
9.2.2. 土壤超二类筛选值需修复情况汇总	94
9.3. 调查地块需环境管理范围	95
9.3.1. 土壤超一类不超二类筛选值需环境管理范围	95
9.3.2. 若采用原位修复达到修复目标值的土壤需要作环境管理	96

9.3.3. 地下水需环境管理范围	96
9.3.4. 地下水治理建议	97
第十章 修复及环境管理建议	98
10.1. 环境管理建议	98
10.1.1. 污染土壤环境管理建议	98
10.1.2. 地下水环境管理建议	98
第十一章 结论与建议	99
11.1. 结论	99
11.2. 报告不确定性分析	102
11.3. 建议	103

第一章 项目概况

1.1.项目背景

广州浪奇化工厂位于广州市天河区黄埔大道东 128 号，根据广州市土地开发中心领取的《同意用地结案书》（穗规划资源用结[2020]123 号）用地红线范围，证载用地面积为 119773.00m²（2000 国家大地坐标系），展绘面积为 119761.21m²。由于调查地块占地面积较大，为配合后期土地出让，2021 年 2 月，根据规划资料显示，广州浪奇化工厂地块被划分为“地块一”和“地块二”，其中“地块一”位于广州浪奇化工厂地块的中北部，占地面积 12374.67 m²，其余区域自编为“地块二”，本次调查为广州浪奇化工厂地块二（以下简称“调查地块”）。

调查地块位于广州市天河区黄埔大道东 128 号，地铁车陂南附近，占地面积为 107386.54 m²，中心经纬度为东经 113.38674°，北纬 23.11571°。调查地块四至情况为：东至车陂新涌口西路，南至车陂十一社，西至车陂南路油脂厂涌，北至黄埔大道东和广州浪奇化工厂地块一。

根据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日实施）、广州市生态环境局关于印发广州市建设用地土壤污染状况调查报告评审工作程序（试行）的通知（穗环〔2020〕50 号）等文件，从事过有色金属矿采选、金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、造纸、印染、汽车拆解、造船、医药制造、铅酸蓄电池制造、废旧电子拆解和危险化学品生产、储存、使用等行业企业用地，其用途变更或土地使用权收回、转让的调查地块再开发利用前需要开展土壤污染状况调查，以利于下一步开展必要的调查地块风险防控、环境管理工作和环境保护主管部门的监督工作。

通过公开招投标，广州华浩能源环保集团股份有限公司（以下简称“华浩环保”，调查单位）和广东省地质实验测试中心（以下简称“省地质中心”，检测单位）于 2020 年 9 月承担了调查地块的土壤污染状况调查工作。根据国家和地方场地环境调查相关技术规范的要求，华浩环保和省地质中心组织专业技术人员成立项目组，于 2020 年 9 月至 2021 年 5 月期间对地块开展了现场踏勘、资料收集、人员访谈、编制初步采样分析实施方案、初步调查钻探取样和样品检测分析等工作，在此基础上编制完成了《广

州浪奇化工厂地块二土壤污染状况初步调查报告》、为了确定地块各污染指标的污染范围、污染程度，根据国家和地方土壤污染状况调查相关技术规范的要求，项目组在初步调查分析的基础上，于2021年1月~2022年9月对地块二内目标区域开展进一步的样品采集、样品检测、样品数据处理等工作，并编制完成了《广州浪奇化工厂地块二土壤污染状况详细调查报告》，经过初步调查和详细调查，地块土壤及地下水污染情况已被查清，结合未来用地规划，根据规范要求需进入下一阶段风险评估。风险评估的关注污染物为：

（1）调查地块土壤中的石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯；

（2）调查地块地下水中的石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、氟化物、1,2,4-三氯苯和砷；

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）》的相关规定，华浩环保开展了调查地块的风险评估工作并编制了本风险评估报告（以下简称“《风评报告》”）。

1.2.工作范围

广州浪奇化工厂地块位于广州市天河区黄埔大道东 128 号，根据广州市土地开发中心提供的广州市城市规划勘测设计研究院编制的《土地勘测定界技术报告书》（用地方案号：2019KJ1060030001），本次地块土壤污染状况详细调查的工作范围为调查地块边界线内除地块一以外的全部区域，调查地块面积量算采用极坐标法，根据广州 2000 平面坐标系数据计算，地块二占地面积为 107386.54 m²，地块详细边界拐点坐标见表 1.2-1，拐点图及卫星图见图和图 1.2-1 和图 1.2-2 所示。

表 1.2-1 地块二拐点坐标

拐点坐标值				
拐点编号	2000 国家大地坐标系		广州 2000 坐标系	
	Y坐标	X坐标	Y坐标	X坐标
J1	38437065.703	2557634.888	50458.288	227885.790
J2	38437084.019	2557615.463	50476.697	227866.455
J3	38437105.672	2557630.943	50498.273	227882.039
J4	38437139.091	2557649.153	50531.602	227900.409
J5	38437155.233	2557657.729	50547.702	227909.063
J6	38437161.366	2557656.552	50553.840	227907.915
J7	38437169.133	2557653.466	50561.622	227904.867
J8	38437169.418	2557654.171	50561.903	227905.574
J9	38437220.543	2557634.877	50613.118	227886.528
J10	38437220.922	2557634.590	50613.499	227886.243
J11	38437221.175	2557634.333	50613.753	227885.987
J12	38437221.437	2557633.971	50614.017	227885.626
J13	38437221.668	2557633.518	50614.250	227885.174
J14	38437221.798	2557633.140	50614.382	227884.797
J15	38437221.852	2557632.746	50614.438	227884.403
J16	38437221.861	2557632.293	50614.449	227883.950
J17	38437221.792	2557631.849	50614.382	227883.506
J18	38437239.812	2557624.275	50632.437	227876.020
J19	38437250.687	2557620.337	50643.330	227872.134
J20	38437214.524	2557482.950	50607.834	227734.581
J100	38437223.264	2557465.283	50616.659	227716.957
J101	38437269.863	2557445.880	50663.349	227697.781
J193	38437290.136	2557455.910	50683.572	227707.908
J194	38437325.102	2557588.754	50717.894	227840.914

拐点坐标值				
拐点编号	2000 国家大地坐标系		广州 2000 坐标系	
	Y坐标	X坐标	Y坐标	X坐标
J195	38437338.991	2557581.857	50731.815	227834.084
J196	38437366.547	2557567.660	50759.438	227820.021
J197	38437395.016	2557553.319	50787.975	227805.818
J198	38437429.856	2557533.580	50822.908	227786.246
J199	38437438.122	2557519.098	50831.244	227771.808
J200	38437465.534	2557500.753	50858.743	227753.596
J201	38437483.838	2557491.582	50877.090	227744.514
J202	38437488.683	2557478.287	50881.999	227731.244
J203	38437490.682	2557470.992	50884.033	227723.959
J204	38437491.013	2557468.792	50884.375	227721.760
J205	38437480.358	2557444.882	50878.836	227697.800
J206	38437480.11	2557444.931	50873.588	227697.848
J207	38437477.908	2557443.577	50871.393	227696.484
J208	38437476	2557442.693	50869.489	227695.591
J209	38437474.091	2557442.071	50867.583	227694.959
J210	38437472.252	2557441.690	50865.746	227694.569
J211	38437469.883	2557438.609	50863.392	227691.477
J212	38437457.676	2557428.019	50851.237	227680.829
J213	38437456.513	2557426.458	50850.081	227679.262
J214	38437459.443	2557422.894	50853.028	227675.712
J215	38437461.934	2557419.010	50855.538	227971.841
J216	38437463.282	2557416.467	50856.898	227669.305
J217	38437464.162	2557414.354	50857.789	227667.196
J218	38437465.031	2557411.962	50858.669	227664.808
J219	38437465.743	2557409.518	50859.393	227662.368
J220	38437466.251	2557409.253	50859.902	227662.105
J221	38437444.504	2557361.251	50838.388	227614.001
J222	38437436.754	2557350.946	50830.689	227603.659
J223	38437431.023	2557352.16	50824.952	227604.846
J224	38437431.002	2557351.971	50824.932	227604.656
J225	38437423.022	2557352.920	50816.948	227605.567
J226	38437392.57	2557364.147	50786.444	227616.646
J227	38437393.051	2557364.987	50786.920	227617.488
J228	38437383.656	2557368.592	50777.509	227621.047
J229	38437383.276	2557367.815	50777.132	227620.269
J230	38437345.632	2557382.409	50739.420	227634.680

拐点坐标值				
拐点编号	2000 国家大地坐标系		广州 2000 坐标系	
	Y坐标	X坐标	Y坐标	X坐标
J231	38437341.435	2557377.185	50715.882	227629.436
J232	38437321.958	2557354.657	50711.395	227606.815
J233	38437317.437	2557347.635	50688.537	227599.772
J234	38437294.632	2557358.930	50681.000	227610.956
J235	38437287.115	2557363.184	50665.851	227615.173
J236	38437271.984	2557366.319	50663.064	227618.235
J237	38437269.157	2557358.812	50627.728	227610.715
J238	38437233.823	2557359.705	50612.665	227611.437
J239	38437218.765	2557360.769	50601.308	227611.437
J240	38437207.408	2557361.110	50575.104	227612.428
J241	38437181.204	2557361.383	50539.227	227612.714
J242	38437145.33	2557362.326	50542.725	227612.860
J243	38437148.894	2557376.053	50522.038	227613.630
J244	38437128.21	2557376.871	50520.175	227626.373
J245	38437126.3	2557367.193	50513.385	227628.091
J246	38437119.503	2557365.795	50499.823	227618.405
J247	38437105.979	2557373.898	50497.439	227616.974
J248	38437103.595	2557373.878	50485.255	227626.011
J249	38437091.392	2557370.126	50477.864	227624.979
J250	38437083.985	2557366.900	50476.129	227621.169
J251	38437082.285	2557374.131	50474.943	227625.129
J252	38437081.1	2557374.481	50474.852	227625.474
J253	38437081.011	2557374.820	50477.447	227625.812
J254	38437053.576	2557369.011	52429.657	227619.871
J255	38437035.79	2557369.895	50347.797	227620.669
J256	38436953.955	2557376.317	50333.368	227626.695
J257	38436939.29	2557327.603	50301.776	227577.913
J258	38436907.706	2557329.557	50312.217	227579.714
J259	38436918.314	2557364.029	50318.105	227614.235
J260	38436924.302	2557384.716	50319.688	227634.950
J261	38436925.915	2557390.874	50321.286	227641.116
J262	38436927.538	2557395.895	50325.919	227646.144
J263	38436932.235	2557409.240	50332.516	227659.511
J264	38436938.932	2557429.872	50335.133	227680.174
J265	38436941.608	2557441.951	50327.974	227692.265
J266	38436944.465	2557445.321	50352.541	227695.649

拐点坐标值				
拐点编号	2000 国家大地坐标系		广州 2000 坐标系	
	Y坐标	X坐标	Y坐标	X坐标
J267	38436959.244	2557488.843	50351.729	227739.240
J268	38436958.448	2557492.277	50356.297	227742.669
J269	38436963.08	2557505.384	50369.831	227755.798
J270	38436976.71	2557525.079	50369.831	227775.558
J271	38436983.281	2557531.093	50376.373	227781.603
J272	38436983.91	2557530.504	50377.004	227781.017
J273	38437043.981	2557608.021	50436.697	227858.820
J274	38437064.948	2557634.182	50457.536	227885.790

1.3.工作内容及工作目的

(1) 根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)等相关文件,在第一阶段和第二阶段调查基础上对筛选出的关注污染物进行健康风险评估,结合保护人体健康的要求,明确土壤与地下水污染对未来适用人群造成的健康风险水平。

(2) 本风险评估报告通过确定地块的关注污染物和污染区域,系统地分析地块污染物的暴露受体和暴露特征,定量描述地块关注污染物对暴露受体的危害程度;土壤污染风险评估结果为后期是否启动土壤修复和污染地块管理提供科学依据,有助于分析和比较多种修复措施的有效性,为合理制定土地利用规划和污染治理计划提供依据,利于有效地规避建设用地土壤污染风险。

1.4.工作依据

1.4.1.法律、法规和部门规章

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月1日实施);
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》(2019年1月1日实施);
- (3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年4月29日修正版,2020年9月1日实施);
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》(2018年1月1日实施);
- (5) 《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(部令第42号);
- (6) 《建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审指南》(环办土壤〔2019〕63号)。

1.4.2.地方法规和政府规章

(1) 广东省实施《中华人民共和国土壤污染防治法》办法(2018年11月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议通过);

(2) 《广东省人民政府关于将一批省级行政职权事项调整由广州市、深圳市实施的决定》(广东省人民政府令第281号,2021年2月1日)。

1.4.3.国家及地方相关政策文件

(1) 《广东省生态环境厅、自然资源厅办公室关于转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》（2020年3月26日）；

(2) 《广州市建设用地土壤污染状况调查报告评审工作程序（试行）的通知》（穗环〔2020〕50号）；

(3) 《广州市生态环境局办公室关于印发广州市建设用地土壤污染修复现场环保检查要点的通知》（穗环办〔2020〕40号）；

(4) 《广州市环境保护局办公室关于印发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的通知》（穗环办〔2018〕173号）；

(5) 《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）；

(6) 《广州市生态环境局关于进一步实施建设用地土壤管理“放管服”改革的通知》（穗环规字〔2021〕1号）；

(7) 《广东省生态环境厅关于印发广东省2020年土壤污染防治工作方案的通知》（粤环函〔2020〕201号）。

1.4.4.技术导则、标准及规范

(1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；

(2) 《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）；

(3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；

(4) 《建设用地土壤污染防治 第1部分：污染状况调查技术规范》（DB4401/T 102.1-2020）；

(5) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；

(6) 《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2020）；

(7) 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》（HJ 1019-2019）；

(8) 《环境监测分析方法标准制修订技术导则》（HJ 168-2010）；

(9) 《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009年版）；

(10) 《土工试验方法标准》（GB/T 50123-1999）；

- (11) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (12) 《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）；
- (13) 深圳市地方标准《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）；
- (14) 《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）；
- (15) 《地下水污染健康风险评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）；
- (16) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（原环境保护部公告2014年第78号）；
- (17) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（原环境保护部公告2017年第72号）；
- (18) 《重点行业企业用地调查质量保证与质量控制技术规定（试行）》；
- (19) 《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）；
- (20) 《建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审指南》（环办土壤〔2019〕63号）。

1.4.5.其他资料

- (1) 《广州浪奇化工厂地块二土壤污染状况初步调查报告》；
- (2) 《广州浪奇化工厂地块二土壤污染状况详细调查报告》；
- (3) 中华人民共和国综合水文地质图广州幅 F49-〔12〕；
- (4) 中华人民共和国地质图 广州市幅（F-49-XII）；
- (5) 广州市行政区划图（调整后）1:450000；
- (6) 广州市浅层地下水功能区划图；
- (7) 《广州国际金融城东区规划信息》（穗府函[2019]139号）。

1.5.评估原则

- (1) 确保地块土壤污染风险评估技术方法具有科学性、合理性和可操作性。
- (2) 与相关环境保护政策法规和技术导则和标准指标体系相结合，互相支持。
- (3) 充分考虑污染地块风险管理的实际需求，重点解决关键问题。

(4) 尽量保证评估结果的可比性。

1.6.报告内容

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019），本次风险评估的目标和工作边界主要是依据风险评估模型和相关参数，计算得到地块污染物的致癌风险和非致癌风险值，作为确定地块污染是否可接受的重要依据。若不可接受，明确推荐修复目标值，并确定需要修复的范围及深度。

本项目风险评估报告主要内容如下：

(1) **地块概况：**对项目地块土壤污染状况调查阶段获取的资料进行分析和整理，概述地块历史、现状、规划、周边土地使用情况、水文地质情况，以及地块土壤污染状况调查概况。

(2) **危害识别：**根据土壤污染状况调查阶段获取的资料，结合土地利用规划，明确地块的关注污染物。

(3) **暴露评估：**在危害识别的工作基础上，分析地块中关注污染物到达并危害敏感受体情景，确定敏感人群对地块污染物的暴露途径，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，确定与地块土壤污染状况、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。

(4) **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。

(5) **风险表征：**在暴露评估和毒性评估工作的基础上，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；进行不确定性分析。

(6) **风险控制值的确定：**在风险表征的工作基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如土壤污染风险评估结果未超过可接受风险，则结束风险评估工作；如土壤污染风险评估结果超过可接受风险水平，则计算关注污染物基于致癌风险的风险控制值和基于非致癌风险的风险控制值。地块土壤风险控制值，应基于致癌

风险的土壤风险控制值、非致癌风险的土壤风险控制值确定。污染地块地下水风险控制值，应根据致癌风险的地下水风险控制值、非致癌风险的地下水风险控制值确定。

(7) **推荐修复目标值及范围：**分析比较按照 HJ 25.3 计算的土壤风险控制值、GB 36600 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值，结合目标污染物形态与迁移转化规律等，合理提出土壤目标污染物的修复目标值，计算修复范围及土方量。

第二章 地块概况

2.1.区域环境与社会概况

2.2.1地形地貌

天河区位于广东省广州市老城区东部，东到吉山狮山、前进深涌一带，与黄埔区相连；南到珠江，与海珠区隔江相望；西到广州大道与越秀区相接；北到筲箕窝，与白云区相邻。地理坐标为东经 113°15'55"~113°26'30"，北纬 23°6'0"~23°14'45"，行政区域总面积约 96.33km²。天河区是广州市新城市中心区，位于城市新中轴线上，承西启东，接北转南，是广州市东进轴与南拓轴交汇点。

天河区总体地势由北向南倾斜，形成低山丘陵、台地、冲积平原三级地台。其中，丘陵 28.41 平方公里，占 20.72%；台地 21.85 平方公里，占 15.94%；平原（包括冲积平原、宽谷、盆地）86.84 平方公里，占 63.34%。

2.2.2土壤与自然资源

调查地块所在区域地带性土壤为赤红壤，在平原区域多分布着三角洲沉积土，丘陵地区多分布着赤红壤。

土地资源：1991 年起，天河区由于城市化，耕地平均以每年 1000 亩的速度锐减。天河区尚有地形坡度大于 25 度难于利用的低山丘陵土地 42 平方公里，主要集中在区东北部。天河区的山林面积按所有权属镇村部分约有 3.7 万亩，加上省市单位的林地，共计约有 5 万亩，主要分布在北部、西北、东北和中部低山丘陵区，由天然林和人工林组成，主要包括用材林、防护林、特种林、经济林、竹林、蔬林、灌木林等。

植被：全区森林总面积 2714.8 公顷，森林覆盖率为 27%，主要分布在北部、西北、东北、中部低山丘陵区。辖区自然植被主要有：季风常绿阔叶林、针叶林、灌草丛等群落植物品种，共有 120 多个科、300 多个属、600 多个品种。主要有马尾松、杉、柠檬桉、细叶桉、台湾相思、樟树、山茶树、竹、苦楝、岗松、鹧鸪草、芒箕等。

矿物资源：铋、钨。分布于龙眼洞南社水冲岭、白虎窿一带，深窿、大窝、崩岗等处也有。1956年国家在此开办金属矿物场，开采矿石两年后停办。铝，分布于马坑园村东侧，表土层一米以下的土壤是一种黑白混合泥。因其含铝量高达23%~28%，被称为铝质泥。储量不详。20世纪60年代开采，加工成泥粉，出售给车陂水厂和郊区铝厂，数量已超过15000吨。水厂用于深沉水中的杂质；铝厂则用于制取硫酸铝。20世纪80年代停采。

岩石：天河地区矿物资源以花岗岩石为主，主要分布在北部的岑村火炉山和西北部的洞旗峰一带。火炉山下有市东升石矿场，还有凌塘、新塘等村石场；洞旗峰下有市派安石矿场和龙眼洞石场，还有元岗、长湿等村石场。早在建国初的1951年，火炉山就有东升石矿场开始采石。至1991年，火炉山下有市东升石矿场、凌塘、新塘等石材场，洞旗峰下主要有市派安石矿场和龙眼洞石场，还有元岗、长溢等石材场，大小石场共44个。1995年后，为保护生态环境，石场陆续关闭。

河沙：1991年前，尚有沙河涌等河涌上游的河沙可采用为建筑材料。后来由于环境污染，河水变浊，可利用的河沙逐渐减少。2000年起，已无河沙可采。

水资源：

地表水，天河区地表水资源有沙河涌、猎德涌、员村涌、潭村涌、程界涌、棠下涌、车陂涌、深涌等8条主要河涌，各条排水河涌自北向南流入珠江广州河段，总长69.43公里。另外还有近20条支涌、小涌，共长16公里。此外，天河区位于珠江北岸，有江岸线11公里；有耙齿沥水库、龙洞水库、新塘水库和麓湖、天河公园中心湖等。沙河涌发源于场地北部的洞旗峰（314m）经1.7km汇入耙齿沥水库长约1.4km，水坝下游13.4km至珠江宾馆汇入珠江广州河段前航道的二沙副航道，全长16.4km。车陂涌，发源于天河区筲箕窝水库上源西坑杓麻笃（388.1m），经筲箕窝水库、鱼沙坦、龙眼洞、中科院广州化学研究所、大丰农场、广氮马鞍山（杨梅水入口）、车陂、东圃流入珠江广州河段前航道，全长21.5km，集水面积70.73km²。

地下水，天河区地下水资源丰富。其中，已开发的有珠村矿泉水、龙眼洞矿泉水、凤凰山矿泉水，但产量不大。珠村开发的“珠碧泉”矿泉水，龙洞广州天河天然矿泉水

厂开发的洞旗峰矿泉水。1997年起，柯木塿长寿村地下纯净水得到大量开发。1996年11月，发现从龙眼洞到太和帽峰山一带约200平方公里的地下有大量水源，水质为偏硅型，低钠、低矿化度，口感好，日开采量可达9099m³。此外，从天河北路到瘦狗岭一带地下有温泉水源，水温达36℃，有丰富的偏硅酸、氟、铁等微量元素，有一定的医疗作用。尚未开发的还有位于沙河禹东西路军体院一带的矿泉水源。此外，新塘、吉山、龙洞、渔沙坦一带丘陵台地有百年井泉。

地下木材资源：长湓村往东一带有地下林木。长湓，古时是沼泽地，因泥湓过膝得名。据说地下六七米深处有古河道和林木。20世纪60年代很多村民采掘深至2.5米时发现泥层中尚有未腐透的乔木。

动物资源：天河地区北部山丘密林有较丰富的鸟兽资源，南部河涌水网有较丰富的鱼类资源。但随着城市化进程的加快和环境污染日益严重，动物资源已经越来越少。

2.2.3 气候气象

调查地块地处广州市天河区，位于北回归线以南，属亚热带海洋性季风气候区，气候温暖湿润，雨量充沛。亚热带季风气候显著，同时受低纬度海洋湿润气流的调节，日照充足，热量丰富，长夏无冬，雨量充沛，干湿季明显，暖湿气流盛行，气候高温多雨。受季风环流所控制，冬季处于极地大陆高压的东南缘，常吹偏北风，且恰在冷暖气团交替地带，气象要素变化大；夏季受副热带高压及南海低压槽的影响，常吹偏南风，因而摆脱了回归干燥带及信风带的影响，而表现出季风气候的特色。但热带气旋、暴雨、洪涝、干旱、寒潮和低温阴雨也常出现。

本地区年平均气温21.8℃，一月最低气温0℃，8月最高气温38.7℃，日照时间长，年日照时数高达1862小时，2~4月份日照时数较短，7~10月份日照时数最多。同时，本地区雨量充沛，年降雨量大都在1700毫米左右，降雨量多集中在4~9月，占全年81%左右，年均相对湿度为77%。广州季风变化明显，全年风向多为北风，频率为21.3%，多出现在9月~翌年3月，其次为东南风和东风，风频率为13.9%，主要出现在4~8月，常年平均风速1.9m/s，静风频率为33%，夏秋间常有台风侵扰，风速达28m/s，绝对最大风速可达33.7m/s。

2.2.4行政区划与人口

天河区下辖有 21 个行政街：沙河街、五山街、员村街、车陂街、石牌街、天河南街、林和街、沙东街、兴华街、棠下街、天园街、冼村街、猎德街、元岗街、黄村街、龙洞街、长兴街、凤凰街、前进街、珠吉街、新塘街。调查地块位于车陂街。

2019 年年末户籍人口 96.57 万人，增长 2.8%；常住人口 178.85 万人，增长 2.4%。户籍人口出生数为 1.44 万人，出生率 14.65‰，死亡率 3.42‰，自然增长率 11.24‰，符合政策生育率 95.72%。

2.2.5经济发展概况

2019 年全年地区生产总值（GDP）5047.39 亿元，比上年（下同）增长 8%，总量连续 13 年全市第一。三次产业比例为 0.02：7.94：92.04。其中，第一产业增加值 1.18 亿元，增长 20.3%；第二产业增加值 400.72 亿元，增长 10.2%；第三产业增加值 4645.48 亿元，增长 7.7%。现代服务业实现增加值 3666.39 亿元，增长 8.4%，占 GDP 比重达 72.6%。四大主导产业实现增加值 2784.16 亿元，增长 8.7%，占 GDP 比重达 55.2%。其中，金融业实现增加值 988.29 亿元，增长 8.2%，占 GDP 比重达 19.6%；新一代信息技术实现增加值 753.63 亿元，增长 11.9%，占 GDP 比重达 14.9%；现代商贸业实现增加值 738.8 亿元，增长 4.5%，占 GDP 比重达 14.6%；商务服务业实现增加值 303.44 亿元，增长 12.5%，占 GDP 比重达 6%。人均 GDP 28.56 万元，增长 6.7%。

全年完成税收收入 877.58 亿元，下降 1.7%。其中，增值税、企业所得税分别实现收入 320.02 亿元、300.93 亿元，分别增长 1.3%、5.4%；个人所得税实现收入 113.09 亿元，下降 26.8%。现代服务业实现税收收入 634.99 亿元，增长 3.5%。四大主导产业实现税收收入 474.71 亿元，增长 1.3%，其中，金融业税收收入 194.87 亿元，下降 0.3%；新一代信息技术税收收入 72.43 亿元，增长 4.4%；现代商贸业税收收入 144.72 亿元，下降 3.4%；商务服务业税收收入 62.69 亿元，下降 2.4%。一般公共预算收入 77.12 亿元，增长 4.5%，其中，城建税 12.33 亿元，与去年基本持平；企业所得税 8.91 亿元，增长 15.4%；房产税 8.53 亿元，增长 2.9%。来源于税收的收入 62.94 亿元，增长 8.9%，

占一般公共预算收入的比重为 81.6%。一般公共预算支出（含市资金）151.13 亿元，增长 4.7%，其中，区级一般公共预算支出 139.92 亿元，增长 7.4%。在区级一般公共预算支出中，教育支出、城乡社区支出、一般公共服务支出、公共安全支出和卫生健康支出分别为 37.44 亿元、29.42 亿元、17.36 亿元、16.23 亿元和 13.16 亿元，分别增长 13.2%、18.6%、24.6%、18.6%和 4%。

天河中央商务区全年实现规模以上工业总产值 677.18 亿元，增长 14.9%；资质以上建筑业企业总产值 395.84 亿元，增长 18.6%；社会消费品零售总额 841.01 亿元，下降 0.3%。广州国际金融城成功纳入广州人工智能与数字经济试验区，新出让地块 2 宗，累计达 30 宗，东区控制性详细规划通过市政府审批。天河智慧城核心区新引进 IAB 领域企业 105 家，天河智悦广场等四个重点产业项目竣工。天河智谷片区开发建设提级推动，先行开展小新塘和马鞍山片区开发建设。全年实现规模以上工业总产值 72.86 亿元，增长 10.4%；资质以上建筑业企业总产值 177.87 亿元，增长 15.4%；社会消费品零售总额 222.99 亿元，增长 12.1%。天河科技园完成技工贸总收入 2443 亿元，增长 9%；完成软件业务收入 1148 亿元，增长 16%。天河路商圈持续发挥商贸中心功能，大力培育夜间经济和智能化、场景化、体验式零售等新业态新模式，推进文商旅深度融合。吸纳首店 140 家，占全市首店总量 70%，超 9 成海外首店品牌选址落地天河路商圈。

2.2.区域水文地质特征

2.2.1.区域地质结构

天河区地势分三个区域：北部是以火成岩为主构成的低山丘陵区，海拔 222~400m；中部是以变质岩为主构成的台地区，海拔 30~50m；南部是冲积平原区，海拔 1.5~2m。全区地势由北向南倾斜，形成低山丘陵、台地、冲积平原三级地貌。其中，丘陵 28.41 平方公里，占 20.72%；台地 21.85 平方公里，占 15.94%；平原 86.84 平方公里，占 63.34%。

中部台地区地质较为复杂。元岗天河客运站至石牌华南师范大学地下有花岗岩残积土层，遇水极易软化崩解。五山地下有孤石群，硬度非常高。瘦狗岭地下断裂带（农科院幼儿园地下 16m）有急流地下水。北部低山大体以筲箕窝水库为中心分东西两面排列，并以此为天河区与萝岗区、白云区分界。全区最高处为大和嶂（391m），山脊南北两侧分别为天河区渔沙坦村与白云区太和镇。以大和嶂为起点往东与萝岗区的分界主要有杓麻山（388m）、凤凰山（373.3m）、石狮顶（304m）等海拔 261~388m 的 11 个山头，往西与白云区分界主要有洞旗峰（312m）等海拔 147~312m 的 9 个山头。筲箕窝水库以南有火炉山（322m）。中部台地从东到西分布有吉山台地和五山台地，五山台地中有地势较高的瘦狗岭（131m）。南部冲积平原分布在广深铁路以南，前进、车陂、员村、石牌、猎德一带，有七涌一湖。七涌从东到西依次为深涌、车陂涌、棠下涌、程界涌、潭村涌、猎德涌、沙河涌，七涌均由北向南流入珠江，一湖是天河公园中心湖，南临珠江，江岸线 11 公里。

本次调查地块位于河道旁，地势平缓，属于天河区的南部冲积平原。根据地质图广州市幅（F-49-XII）（图 2.2-1）可知，调查地块地层处于第四系第一阶地沉积海成显著的海陆混合沉积（Q_dmal）：粘土、粉砂质粘土、砂、砂砾。

2.2.2.区域水文地质特征

根据广州近郊第四系水文地质普查结果, 1958~1966年查明, 在水陆交替堆积地区, 上部为淤泥、粘土、亚粘土及中细砂层。下部为粗砾砂类一至二层薄层状或透镜状粘性土, 透水性微弱至中等, 地下水受潮水影响, 水质较差, 无供水价值。在山前洪坡积和山间河谷冲、洪积平原地区, 含水层为细、中、粗砂(含砾)与粘性土互层或成透镜状, 厚度一般为1.50~5.00米, 透水性微弱至中等, 地下水为潜水与承压水, 水质较好, 但涌水量较小, 无大型供水价值。

根据文献《广州市水文地质特征分析》(彭卫平), 广州市松散岩类孔隙水水量、分布不均匀。主要分布于珠江两岸, 水位埋深一般小于1.5m, 具有弱承压性; 含水层以中细砂主, 局部为粗砾砂, 埋深2~4m, 厚度1.00~15m。单位涌水量大于0.5L/s的钻孔皆分布于沿江地段, 流量180~230m³/d, 个别可达400m³/d左右; 离河流较远的地段, 砂层厚度减小, 流量39~150m³/d, 富水性变弱。水质以微咸水和淡水为主, 水化学类型复杂, 矿化度1~2g/l。主要属Cl、HCO₃-Na、Ca型水、Cl-Na型水、Cl-Na、Ca型水和Cl-Na、Mg、Fe型水。Fe²⁺和NH₄⁺含量均较高, Fe²⁺含量一般6~35mg/L, NH₄⁺含量为2~40mg/L。水质差, 一般无供水价值。

广州市雨量充沛, 降水量大于蒸发量, 地表水系发育, 地下水的补给来源充足。在广大的低山丘陵区, 植被茂盛, 断裂和岩石节理裂隙发育基岩裸露, 有利于大气降水渗入补给。在低丘台地和平原地区红色岩层和砂页岩含泥质多裂隙多呈闭合状态地表覆盖的粘性土层厚, 透水性差, 不利于降雨渗入补给。第四系冲洪积沉积的砂砾石层除接受河水补给外还接受基岩山区裂隙水的侧向补给。除此之外区内中小型水库水渗漏补给地下水。因此大气降水和地表水是地下水的补给来源。广大基岩山区地形切割密度和深度较大, 径流途径短, 大气降水渗入形成地下水后, 大部分地下水在其附近以泉水的形式排泄。地下水由山前向平原区, 地下径流速度变慢如肖岗水源地的岩溶水, 在山前地带水位标高16-20m, 水力坡度12-17%。平原区水位标高8-9m, 水力坡度3-3.7%。

地下水由东向西流流向石井水。市区由于街道铺砌道路修筑.第四系海陆交替层能直接受降水补给的面积不大, 上部淤泥层又为弱透土层, 故水源补给条件差。砂层孔隙水以珠江河床作为排水廊道, 在自然条件下.江水是不能补给给潜水的, 只有在洪水

期或高潮顶托时江水才在沿江地段有反渗现象：高低潮时江边地下水位与江水位相差0.33-0.75m。

根据中华人民共和国综合水文地质图广州幅 F-49- (12) (见图 2.3-2) 可以看出，调查地块地下水类型为第四系全新统海陆交互相 (Q^{mc}) 松散岩类孔隙水，第四系全新统由海相、河流相及海河混合相沉积，含水层为砂砾、中粗砂、粉细砂及粘土质砂，粘土、淤泥为隔水层。含孔隙潜水和承压水、富水性贫乏至中等，局部丰富。分布于广大平原区，以潜水为主，少量为微承压水、承压水。

根据地质剖面图及钻孔柱状图，项目初见水位在 0.5~2.5m (距离地面) 之间，根据水位监测数据，地下水稳定水位在 1.32~3.02m (距离地面) 之间，初见水位大部分略高于稳定水位，地下水赋存于砂砾、中粗砂、粉细砂及粘土质砂，埋藏较浅。淤泥、粘土及粉质黏土为隔水层。本次调查地下水类型为松散岩类孔隙水，主要调查水层为浅层潜水。

广州市雨量充沛，降水量大于蒸发量，地表水系发育，地下水的补给来源充足。调查地块主要接受大气降水补给，次为地表水补给，雨季主要是地下水补给地表水，落潮时为地下水补给地表水，枯季为地表水补给地下水，涨潮时为地表水补给地下水，地下水与地表水互为补给，排泄主要为地面与植物蒸发，其次是在枯季或落潮时向地表水排泄。由于地块位置接近入海口，调查区范围地下水与周边地表河流水力联系较强，地下水水位变化可能受潮汐影响。

根据区域水文地质和调查地块水文地质条件，本调查调查地块含水层底部有连续稳定的隔水层，且在调查过程中未发现含水层底部土壤受到污染，故项目对下层承压水层不再作调查。

2.2.3.地块所在区域地下水利用规划及使用现状

根据 2009 年 8 月正式发布的《广东省地下水功能区划》（粤办函〔2009〕459 号）文件（见图 2.2-4），地块所在区域浅层地下水属于广州保留区中的“珠江三角洲广州海珠至南沙不宜开采区”，地貌类型为一般平原区，地下水类型为孔隙水，地下水现状为 V 类，地下水功能区保护目标中水质类别为 V 类，本项目主要调查地下水层为潜水层。

2.3.调查地块水文地质特征

2.3.1.调查地块土工样结果

详细采样调查期间，从关注区域中采集了 5 个原状土样品共 19 个样品进行土工试验，土工试验样品信息见表 2.3-1-表 2.3-2，土工试验报告见附件 2。其中，土壤含水率的范围为 10.9%~67.8%，土粒比重范围为 2.52~2.72Gs，土壤湿密度的范围为 1.52~2.00g/cm³，土壤孔隙比范围为 0.565~1.735e，土壤有机质的范围为 1.16~78.6g/kg，土壤渗透系数范围为 8.12×10^{-8} ~ 6.12×10^{-2} kvcm/s。

表 2.3-1 土工试验样品结果汇总表 1

试验编号	取样编号	取样深度		天然状态性质指标							稠度指标			
		自(m)	至(m)	含水率 w(%)	土粒比重 G _s	湿密度 ρ _{og} /cm ₃	干密度 ρ _d /cm ₃	饱和度 S _r	孔隙比 e	孔隙率 n	液限 w _l (%)	塑限 w _p (%)	塑性指数 I _p	液性指数 I _L
T30112	2XGW01-1	1	1.20	18.7	2.71	1.88	1.58	71.3	0.711	41.6	25.5	14.3	11.2	0.39
T30113	2XGW01-2	5	5.20	63.0	2.55	1.52	0.93	92.6	1.735	63.4	55.8	35.2	20.6	1.35
T30114	2XGW01-3	10	10.20											
T30115	2XGW01-4	11.3	11.50	17.7	2.72	2.00	1.70	80.1	0.601	37.5	28.5	16.2	12.3	0.12
T30116	2XS03-01	0.8	1.00											
T30117	2XS03-02	3.8	4.00											
T30118	2XS03-03	4.7	4.90	47.5	2.63	1.65	1.12	92.5	1.351	57.5	46.1	28.1	18.0	1.08
T30119	2XS03-04	5.8	6.00											
T30120	2XS03-05	7.6	7.80	21.2	2.72	1.85	1.53	73.7	0.782	43.9	32.2	19.1	13.1	0.16
T30121	2XGW02-1	0.5	0.70	10.9	2.71	1.92	1.73	52.3	0.565	36.1	17.9	7.1	10.8	0.35
T30122	2XGW02-2	3.3	3.50	39.5	2.64	1.73	1.24	92.4	1.129	53.0	37.6	20.2	17.4	1.11
T30123	2XGW02-3	5.8	6.00											
T30124	2XGW02-4	7.5	7.70	26.1	2.71	1.92	1.52	90.7	0.780	43.8	34.2	22.8	11.4	0.29
T30125	2XS25-1	1.3	1.50	13.7	2.71	1.69	1.49	45.1	0.823	45.2	19.6	9.3	10.3	0.43
T30126	2XS25-2	3.8	4.00	40.2	2.64	1.76	1.26	96.2	1.103	52.4	37.4	19.8	17.6	1.16
T30127	2XS25-3	5.2	5.40											
T30128	2XS12-1	0.4	0.60	23.0	2.72	1.71	1.39	65.4	0.956	48.9	30.1	18.6	11.5	0.38
T30129	2XS12-2	3.8	4.00											
T30130	2XS12-3	5.6	5.80	67.8	2.52	1.56	0.93	99.9	1.711	63.1	59.6	40.0	19.6	1.42
平均值	/	/	/	32.44	2.665	1.77	1.37	79.35	1.020	48.9	35.4	20.9	14.5	0.69

表 2.3-2 土工试验样品结果汇总表 2

试验 编号	取样 编号	土粒组成											土 名 按 GB50021- 2001(2009 版)定 名	
		圆砾或角砾			砂粒			粉粒	平均 粒 径 d ₅₀ mm	不 均 匀 系 数 C _u	曲 率 系 数 C _c	渗 透 系 数 k ₂₀ cm/s		有 机 质 g·kg ⁻¹
		粗	中	细	粗	中	细							
		粒径大小						<0.075 (%)						
20-10 (%)	10-5 (%)	5-2 (%)	2- 0.5 (%)	0.5- 0.25 (%)	0.25- 0.075 (%)									
T30112	2XGW01-1											3.62E-05	32.3	粉质黏土
T30113	2XGW01-2											9.63E-08	71.2	淤泥
T30114	2XGW01-3			17.7	37.8	15.4	23.8	5.3	0.625	9.54	0.77	4.63E-02	8.63	粗砂
T30115	2XGW01-4											3.38E-05	11.2	粉质黏土
T30116	2XS03-01			6.2	11.7	17.1	45.2	18.9	0.160	3.57	0.70	8.25E-04	6.62	粉砂
T30117	2XS03-02			5.4	7.4	18.8	48.9	19.5	0.152	3.19	0.72	9.94E-04	7.13	粉砂
T30118	2XS03-03											5.26E-07	56.3	淤泥质土
T30119	2XS03-04			22.9	28.4	20.4	22.2	4.6	0.527	8.22	0.88	6.12E-02	8.26	粗砂
T30120	2XS03-05											2.16E-05	1.16	粉质黏土
T30121	2XGW02-1											7.35E-05	3.41	粉质黏土
T30122	2XGW02-2											8.69E-07	62.2	淤泥质土
T30123	2XGW02-3			7.7	14.5	18.7	51.3	7.8	0.195	3.29	0.72	1.06E-03	7.13	细砂
T30124	2XGW02-4			7.7	11.1	17.7	50.8	12.7	0.173	3.18	0.73	3.62E-04	21.3	粉质黏土
T30125	2XS25-1											5.63E-07	63.2	淤泥质土
T30126	2XS25-2											1.13E-03	10.2	细砂
T30127	2XS25-3											1.02E-04	8.63	粉质黏土
T30128	2XS12-1			7.7	12.9	15.5	46.3	17.6	0.164	3.44	0.70	8.96E-04	5.36	粉砂
T30129	2XS12-2											8.12E-08	78.6	淤泥质土
T30130	2XS12-3			7.7	11.1	17.7	50.8	12.7	0.173	3.18	0.73	3.62E-04	21.3	粉质黏土

2.3.2.调查地块地质结构

根据收集的《广州浪奇保洁有限公司废水处理工程场地工程地质勘察报告》（1997），及2021年3月初的《浪奇项目水文地质报告》得知，调查地块内第四系覆盖层厚度为12.65-13.70m，主要由素填土、冲积相砂土和残积相的粉质粘土组成，下伏白垩系红色砂岩，地层由上至下分别为素填土（Qml）、中粗砂（Qal）、淤泥质粉细砂（Qal）、砾砂（Qal）、粉质粘土（Qel）、砂岩（K2S2b）。

（1）素填土（Qml）：黄褐色，由中粗砂组成，局部为中细砂、粉质粘土，松散，均匀，干~饱和，层厚2.00-5.95m。

（2）中粗砂（Qal）：灰、灰白色，中等磨圆，分选差，松散，饱和，层面埋深2.00-5.95m，层厚0.80-6.90m。

（3）淤泥质粉细砂（Qal）：灰白~灰黑色，分选好，磨圆好，松散，饱和，层面埋深6.20-10.00m，层厚1.10-5.98m。

（4）砾砂（Qal）：灰白色，磨圆差，分选差，松散~稍密，饱和，均匀，层面埋深9.70-11.10m，层厚1.30-3.65m。

（5）粉质粘土（Qel）：棕红色，硬塑，中等粘塑性，为基岩风化残积而成，层厚0.40-0.95m。

（6）强风化（K2S2b）：棕红色，岩心呈坚硬土柱状~半岩半土状~碎块薄片状，岩质软，风化强烈，土状岩心轻压易散，岩块用手可折断，组织结构已基本破坏，层面埋深12.65-13.70m，层厚变化较大。

（7）中风化（K2S2b）：棕红色，岩心呈碎块状~薄片状~短柱状，岩质较硬，裂隙发育，泥质胶结，风干易干裂，局部夹强风化岩块或薄层，层面埋深13.95-15.89m，层厚变化大。

（8）微风化（K2S2b）：棕红色，岩心呈长柱状，岩质致密坚硬，泥质胶结，风干易干裂，层面埋深11.95-19.10m，层厚变化较大。

根据地块现场钻探采样调查的 174 个点位（初调+详调）个土壤孔剖面数据和记录描述，绘制了调查地块的《工程地质剖面图》，根据钻孔记录表（详调附件 3）、《工程地质剖面图》和现场采样岩芯照片（详调附件 2），地块土层结构自上而下依次为：

①硬化层

地块大部分地面进行了硬化，厚度介于 0~200cm 之间。

②填土层

杂填土：杂色，干至潮，松散~稍压实，主要由砂土、黏性土组成，局部含少量碎石，粒径约 2~5cm，另外，局部还含有少量混凝土，无异味，无明显污染痕迹。该层普遍分布，揭露厚度 0~5.0m，平均厚度约为 1.9m；

素填土：杂色，潮至湿，松散~稍压实，主要由黏性土、砂土组成，局部含少量碎石，无异味，无明显污染痕迹。该层 31 个点位揭露，厚度为 0.3~5.3m，平均厚度约为 1.6m。

③残积层

淤泥质黏土：灰黑色为主，部分呈灰棕色，灰褐色，较密实，软塑，局部夹薄层砂土，无异味，无明显污染痕迹。该层大部分揭露（142 个点位），揭露厚度 0.2~15.5m，平均厚度约为 1.4m；

淤泥质砂土：灰黑色、灰褐色、棕色，松散稍密，可塑，极潮至湿，无异味，无明显污染痕迹。该层 31 个点位揭露，厚度为 0.3~4.8m，平均厚度约为 2.0m。

粗砂：灰白色、浅黄色、灰黑色等，松散，潮至湿，局部含少量淤泥，无异味，无明显污染痕迹。该层 9 个点位揭露，厚度为 1.4~4.6m，平均厚度约为 2.8m。

中砂：灰黑色、灰褐色、棕色，松散，重潮至湿，含少量淤泥，无异味，无明显污染痕迹。该层部分揭露（190 个点位），揭露厚度 0.4-12.2m，平均厚度 3.4m。

细砂：灰白色至灰黄色，松散、稍压实，饱和，颗粒成分多为石英质，级配不良，含圆砾，含少量黏粒，无异味，无明显污染痕迹。该层部分揭露（16 个点位）揭露厚度 0.4~8.8m，平均厚度 2.2m。

粉砂：灰黑色，软塑，重潮，无异味，无明显污染痕迹。该层仅有 1 个点位揭露，揭露厚度为 3m。

砂质黏土：灰褐色、灰黑色，松散稍密，软塑，极潮至湿，无异味，无明显污染痕迹。该层 19 个点位揭露，厚度为 0.2~1.8m，平均厚度约为 1.0m。

粉质黏土：红棕色为主，部分为灰白色、灰黑色等，较密实，可塑，潮至湿，无异味，无明显污染痕迹。该层 23 个点位揭露，厚度为 0.3~2.4m，平均厚度约为 1.0m。

表 2.3-3 各深层地下水井隔水层深度汇总表

地下水井编号	隔水层底板岩性	地面初揭露时深度 (m)	建井深度(m)
2BGW01	粉质黏土	8.6	9.5
2BGW03	粉质黏土	11.5	11.8
2BGW04	粉质黏土	13.1	14
2BGW05	粉质黏土	10.3	11
2BGW06	粉质黏土	11.4	12
2BGW07	粉质黏土	12.6	13
2BGW08	粉质黏土	10.4	11
2BGW09	粉质黏土	7	8.4
2BGW10	粉质黏土	7.8	9
2BGW11	粉质黏土	8	9
2BGW12	粉质黏土	10	11
2BGW13	粉质黏土	10.5	11
2BGW14	粉质黏土	11.5	12
2BGW15	粉质黏土	8.5	10
2BGW16	粉质黏土	9.5	10.6
2BGW17	粉质黏土	11	11.6
2BGW18	粉质黏土	11.8	12.5
2XGW01 深井	粉质黏土	11.3	12
2XGW02 深井	粉质黏土	7.2	8

表 2.3-4 各历史阶段地勘资料汇总表

车间名称	点位	土层性质	从地面算起深度 (m)	厚度 (m)	颜色
1973 年烷基苯车间	S1	杂填土	2.20	2.20	杂色
		淤泥	3.10	0.90	灰黑色
		中砂	6.50	3.40	灰黑色
		细砂	8.40	1.90	灰黑色
		粘土	9.10	0.70	棕色
	S2	杂填土	1.10	1.10	黄灰色
		淤泥	2.30	1.20	灰黑色
		细砂	4.40	2.10	灰黑色
		淤泥	5.80	1.40	灰黑色
		砂土	8.00	2.20	黄白色
1994 年磺化车间	S1	粘土	8.40	0.40	棕色
		杂填土	1.50	1.50	黄褐色
		淤泥	5.50	4.00	灰黑色
		粉砂	6.20	0.70	灰黑色
		淤泥质粉土	8.95	2.75	砖红色（软塑）
	粘土	12.60	3.65	紫红色（硬塑）	

车间名称	点位	土层性质	从地面算起深度 (m)	厚度 (m)	颜色		
	S2	粉砂岩	16.05	3.45	紫红色		
		杂填土	0.80	0.80	黄褐色		
		淤泥	5.70	4.90	灰黑色		
		淤泥质粉土	8.75	3.05	砖红色 (可塑)		
		粉土 (粘土)	12.50	3.75	紫红色 (硬塑)		
		粉砂岩	16.50	4.00	紫红色		
1993 年液洗车间	S1	杂填土	2.45	2.45	杂色		
		淤泥	4.15	1.70	灰黑色		
		粉砂	6.65	2.50	灰色		
		淤泥质粉土	8.65	2.00	灰色		
		粘土	13.45	4.80	棕色 (11.50m 以下硬塑)		
		粉砂质泥岩	20.30	6.85	棕红色		
	S2	杂填土	2.15	2.15	杂色		
		淤泥	4.15	2.00	灰黑色		
		粉砂	6.45	2.30	灰褐色		
		淤泥质粉土	9.70	3.25	灰色		
		粘土	14.00	4.30	紫红色 (11.50 以下, 硬塑)		
		粉砂质泥岩	17.50	3.50	紫红色		
		1988 年香皂车间	S1	杂填土	2.4	2.4	黄色
				淤泥	4.8	2.4	灰黑色
粗砂	6.7			1.9	灰黑色		
淤泥质中砂	8.4			1.7	灰黑色		
粘土	9			0.6	黄色		
砂土	11.2			2.2	灰色		
粘土	11.9			0.7	灰色		
粘土	13.5			1.6	棕红色		
S2	杂填土	1.90	1.60	黄色			
	淤泥质砂	7.40	5.50	灰黑色			
	粘土	8.50	1.10	灰色 (软塑)			
	砂土	11.80	3.30	灰白色			
	粘土	14.50	2.70	棕红色 (12m 以下硬塑)			
	全风化	16.80	2.30	棕红色			
1992 年成品仓库	S1	杂填土	1.90	1.90	灰色		
		粘土	3.40	1.50	灰色		
		粗砂	4.70	1.30	灰色		
		中砂	9.50	4.80	灰色		
		粘土	11.20	1.70	棕色		
		粉砂质泥岩	14.50	3.30	棕红色		
	S2	杂填土	1.60	1.60	灰色		
		粘土	3.00	1.40	灰色		
		粗砂	4.90	1.90	灰色		

车间名称	点位	土层性质	从地面算起深度 (m)	厚度 (m)	颜色
		粉砂	9.30	4.40	灰色
		中砂	10.70	1.40	灰色
		粘土	11.50	0.80	棕色
		粉砂质泥岩	14.60	3.10	棕红色
1992年甘油车间	S1	杂填土	1.50	1.50	杂色
		淤泥	3.00	1.50	灰黑色
		中砂	6.80	3.80	黄褐色
		粗砂	12.00	5.20	黄褐色
		粘土	14.70	2.70	棕红色
		全风化	17.50	2.80	棕红色
	S2	杂填土	0.80	0.80	杂色
		淤泥	3.10	2.30	灰黑色
		中砂	8.00	4.90	黄褐色
		粗砂	11.60	3.60	黄褐色
		粘土	16.25	4.65	棕红色
		全风化	19.00	2.75	棕红色
1997年污水处理站	S1	杂填土	2.00	2.00	黄褐色
		粗砂	2.50	0.50	灰色
		淤泥质粘土	3.85	1.35	灰白色
		粗砂	8.20	4.35	灰色
		淤泥质细砂	9.70	1.50	灰色
		砂砾	11.00	1.30	灰白色
		粉质粘土	11.95	0.95	棕红色
		微风化	12.85	0.90	棕红色
		强风化泥岩	13.95	1.10	棕红色
		中风化	15.00	1.05	棕红色
		强风化泥岩	19.45	4.45	棕红色
		微风化	20.85	1.40	棕红色
	S2	杂填土	3.10	3.10	黄褐色
		粗砂	9.05	5.95	灰白色
		砂砾	10.00	0.95	灰白色
		中砂	11.10	1.10	灰黑色
		粗砂	13.20	2.10	黄褐色
		粉质粘土	13.80	0.60	棕红色
		强风化泥岩	15.80	2.00	棕红色
		中风化泥岩	17.40	1.60	棕红色
微风化泥岩	18.80	1.40	棕红色		

由初步调查、详细调查和浪奇公司地勘资料显示，调查地块从上到下土层大致可分为：杂填土、淤泥质土、砂土、粘土、风化泥岩，调查地块有一层连续稳定的粉质粘土层，厚度为0.6m-4.8m，由于调查地块西侧为车陂涌，粘土层整体分布为西南薄东北厚的趋势，北部粘土层从8m左右开始揭露，南侧一般到11m左右开始揭露。

2.3.3.地下水井建井情况

详细调查阶段第一次加密增设地下水监测井 6 口（XGW01、XGW03、XGW04、XGW06、XGW07、XGW08），其中 XGW01、XGW03、XGW04、XGW06、XGW07 建井时间为 2021 年 1 月 19~21 日，XGW08 建井时间为 2021 年 2 月 24 日，井钻孔深度为 6~7m。

由于初步调查和详细调查第一次加密水井建井深度未到隔水层，未采集地下水中的重质，因此在浅井旁重新建立深水井 17 个（2BGW01、2BGW03~2BGW18），建井时间为 2021 年 5 月 18~21 日，井钻孔深度为 8.4~14m；

根据调查地块污染情况，在石油烃（C₁₀-C₄₀）污染区域的最大超筛点位处新增设 4 个水井（2XGW01-浅井、2XGW01-深井、2XGW02-浅井、2XGW02-深井），建井时间为 2021 年 11 月 15~17 日，浅井钻孔深度为 6m，深井钻孔深度为 8.5~12.5m。

详细调查地下水监测井的结构见表 2.3-5。

表 2.3-5 地下水监测井结构

监测井编号	建井时间	监测井地面绝对标高(m)	监测井埋深(m)	滤管顶部埋深(m)	滤管底部埋深(m)	滤管段土壤岩性	备注
XGW01	2021.01.20	7.754	6.0	1.5	5.5	杂填土+砂质黏土+中砂	浅井
XGW03	2021.01.21	7.28	6.0	1.5	5.5	淤泥质黏土+中砂+砂质黏土	浅井
XGW04	2021.01.20	7.592	6.1	1.6	5.6	杂填土+淤泥质砂土+中砂	浅井
S76-3/XGW06	2021.01.20	7.74	6.0	1.5	5.5	中砂+淤泥质黏土	浅井
S91/XGW07	2021.01.19	7.341	6.0	1.5	5.5	中砂+淤泥质黏土	浅井
XGW08	2021.02.24	7.740	6.0	1.5	5.5	杂填土+中砂	浅井
2BGW01	2021.05.20	7.098	9.5	6.0	9.0	中砂+粉质黏土	深井
2BGW03	2021.05.21	7.465	11.8	7.6	11.6	中砂+粉质黏土	深井
2BGW04	2021.05.21	7.883	14.0	9.5	13.5	中砂+粉质黏土	深井
2BGW05	2021.05.22	7.605	11.0	6.5	10.5	中砂+粉质黏土	深井
2BGW06	2021.05.19	7.624	12.0	5.2	11.5	淤泥质砂土+中砂+粉质黏土	深井

监测井编号	建井时间	监测井地面绝对标高(m)	监测井埋深(m)	滤管顶部埋深(m)	滤管底部埋深(m)	滤管段土壤岩性	备注
2BS07/2BGW07	2021.05.18	7.531	13.0	8.7	12.7	粗砂+粉质黏土	深井
2BGW08	2021.05.19	7.351	11.0	7.5	10.5	中砂+粉质黏土	深井
2BGW09	2021.05.20	7.424	8.4	4.9	7.9	砂质黏土+粉质黏土	深井
2BGW10	2021.05.19	7.456	8.4	4.9	7.9	中砂+粉质黏土	深井
2BGW11	2021.05.20	7.354	9.0	5.5	8.5	中砂+粉质黏土	深井
2BGW12	2021.05.20	7.370	11.0	6.3	10.3	中砂+粉质黏土	深井
2BGW13	2021.05.20	7.088	11.0	7.5	10.5	中砂+粉质黏土	深井
2BGW14	2021.05.20	7.511	12.0	7.7	11.7	粗砂+粉质黏土	深井
2BGW15	2021.05.20	7.120	10.0	6.5	9.5	中砂+粉质黏土	深井
2BGW16	2021.05.19	7.361	10.6	7.1	10.1	淤泥质砂土+粉质黏土	深井
2BGW17	2021.05.19	7.672	11.6	7.2	11.2	粉砂+粉质黏土	深井
2BS34/2BGW18	2021.05.18	7.708	12.6	8.0	12.1	细砂+粉质黏土	深井
2XGW01-浅井	2021.11.15	7.305	6.0	1.0	5.5	杂填+淤泥质黏土	浅井
2XGW01-深井	2021.11.15	7.298	12.0	8.5	11.5	中砂+粉质黏土	深井
2XGW02-浅井	2021.11.16	7.668	6.0	1.5	5.5	杂填+淤泥质黏土+中砂	浅井
2XGW02-深井	2021.11.17	7.659	8.5	4.5	7.5	淤泥质黏土+中砂+粉质黏土	深井

2.3.4.调查地块水文地质特征

根据地质剖面图及钻孔柱状图，项目初见水位在 0.5~2.5m（距离地面）之间，根据水位监测数据，地下水稳定水位在 1.32~3.02m（距离地面）之间，初见水位大部分略高于稳定水位，地下水赋存于砂砾、中粗砂、粉细砂及粘土质砂，埋藏较浅。淤泥、粘土及粉质黏土为隔水层。本次调查地下水类型为松散岩类孔隙水，主要调查水层为浅层潜水及微承压水。根据区域水文地质和调查地块水文地质条件，本调查调查地块含水层底部有连续稳定的隔水层，且在调查过程中未发现含水层底部土壤受到污染，故项目对下层承压水层不再作调查。

在天然状态和天然条件下，地块地下水埋藏水位介于 1.10~1.40m 之间。主要由上层滞水（局部）和潜水组成。上层滞水主要储存于地下水潜水面以上的素填土上部地带，这一地带属于与饱水带有直接水力联系的季节性含水层。潜水属地块下部地下水，主要储存于素填土下部、冲积砂层的孔隙和基岩风化裂隙中。水位稳定性一方面受大气降水等地表水体补给、渗入，另一方面受上下部含水带的水力联系影响。水位埋深浅，高差小，说明土层间相互水力联系较好，透水性较强，富水性较好。

2.3.4.1.含水层

调查区地下水类型为第四系松散岩类孔隙水，本次调查中，钻孔揭露含水层为第四系冲积砂层，根据采集土工样进行检测分析，粉砂-细砂的渗透系数为 $6.30 \times 10^{-4} \sim 1.12 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，属弱透水层；中砂的渗透系数为 $1.02 \times 10^{-2} \sim 1.98 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，属中等透水层-强透水层，通过现场钻探情况可以得知，地块范围内第四系冲击砂层连续分布，且层厚较厚。

2.3.4.2.隔水层

调查区浅层地下水隔水层主要为冲积层淤泥、淤泥质土和粉质粘土。根据详查阶段采集土样的土工试验测试结果，地块内淤泥、淤泥质土的渗透系数为 $5.18 \times 10^{-8} \sim 5.36 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，属不透水层；粉质粘土的渗透系数为 $6.58 \times 10^{-6} \sim 4.36 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，属微透水层。

表 2.3-6 岩土层渗透性分类

岩土层渗透性类型		不透水（隔水）	微透水	弱透水	中等透水	强透水
渗透系数	m/d	<0.001	0.001~0.01	0.01~1	1~10	>10
	cm/s	<1.16E-06	1.16E-06~1.16E-05	1.16E-05~1.16E-03	1.16E-03~1.16E-02	>1.16E-02

注：参照《水文地质手册》

2.3.4.3.地下水流向、水力梯度及流速分析

根据水文地质章节可知，地块内地下水类型为松散岩类孔隙水，主要接受大气降水补给，次为地表水补给，雨季主要是地下水补给地表水，落潮时为地下水补给地表水，枯季为地表水补给地下水，涨潮时为地表水补给地下水，地下水与地表水互为补给，排泄主要为地面与植物蒸发，其次是在枯季或落潮时向地表水排泄。

由于地块位置接近入海口，调查区范围地下水与周边地表河流水力联系较强，地下水水位变化受潮汐影响较明显，因此，调查期间利用地块内监测井分别测量地下水高潮位和低潮位的地下水水位变化数据，本次调查在丰水期和枯水期分别进行了地块水位监测，根据两个时期的地下水水位分别编制该时期调查地块高潮位和低潮位的地下水水位等值线图。地下水位的结果见表 2.3-5，地下水高潮以及低潮流向如图 2.3-7、图 2.3-8 所示。

根据地块内地下水水位高程差与距离进行计算分析，调查地块地下水水力梯度约为 4.6‰。

地下水流速根据以下公式计算：

$$U=V/n$$

式中：

U—水流速度（m/d）；

V—渗透速度（m/d）；

n—含水层有效孔隙度（%），取中细砂孔隙度经验值 40%。

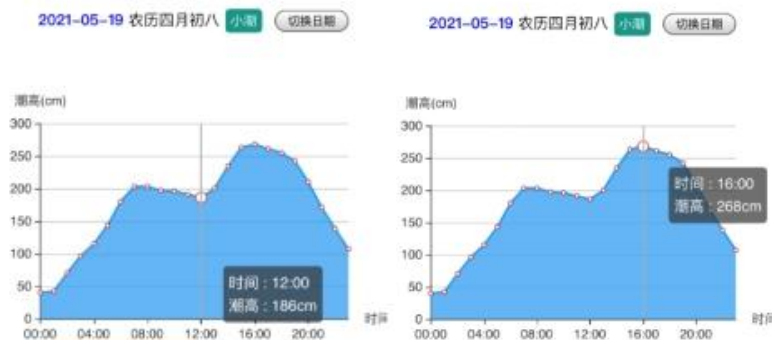
根据达西定律 $V=k \cdot I$ （含水层渗透系数取砂层抽水试验渗透系数结构平均值 42.77m/d），计算结果为渗透速度 $V=0.197\text{m/d}$ ，地下水流速 $U=0.49\text{m/d}$ 。

表 2.3-7 初步及详细调查监测井水位埋深及标高

监测井点位编号	Y 坐标	X 坐标	井口地面标高 (m)	高潮		低潮	
				稳定水位埋深 (m)	稳定水位标高 (m)	稳定水位埋深 (m)	稳定水位标高 (m)
S02/GW01	38437221.81	2557624.343	7.50	2.56	4.94	2.49	5.01
S09/GW02	38437427.66	2557507.576	7.61	2.95	4.66	2.97	4.64
S14/GW03	38437250.49	2557537.27	7.72	2.81	4.91	2.85	4.87
S22/GW04	38437106.52	2557560.121	7.45	2.50	4.95	2.52	4.93
S31/GW05	38437074.44	2557517.613	7.72	2.75	4.97	2.83	4.89
S32/GW06	38436988.37	2557516.076	7.80	2.78	5.02	2.86	4.94
S47/GW07	38437076.87	2557378.601	7.82	2.87	4.95	2.90	4.92
S78/GW11	38437298.58	2557392.725	7.53	2.90	4.63	2.74	4.79
S87/GW13	38437157.08	2557408.648	7.48	2.55	4.93	2.62	4.86
XGW01	38437151.89	2557600.36	7.59	2.65	4.94	2.64	4.95
XGW02	38437294.5	2557551.19	7.64	2.85	4.79	2.86	4.78
XGW03	38437372.53	2557503.14	7.28	2.63	4.65	2.64	4.64
XGW04	38437063.32	2557589.145	7.74	2.54	5.20	2.51	5.05
XGW05	38437269.879	2557487.251	7.52	2.86	4.66	2.85	4.67
XGW07	38436971.15	2557477.21	7.27	2.28	4.99	2.34	4.93
平均值	/	/	/	2.7	/	2.7	/

海沁沙潮汐表

海沁沙潮汐表



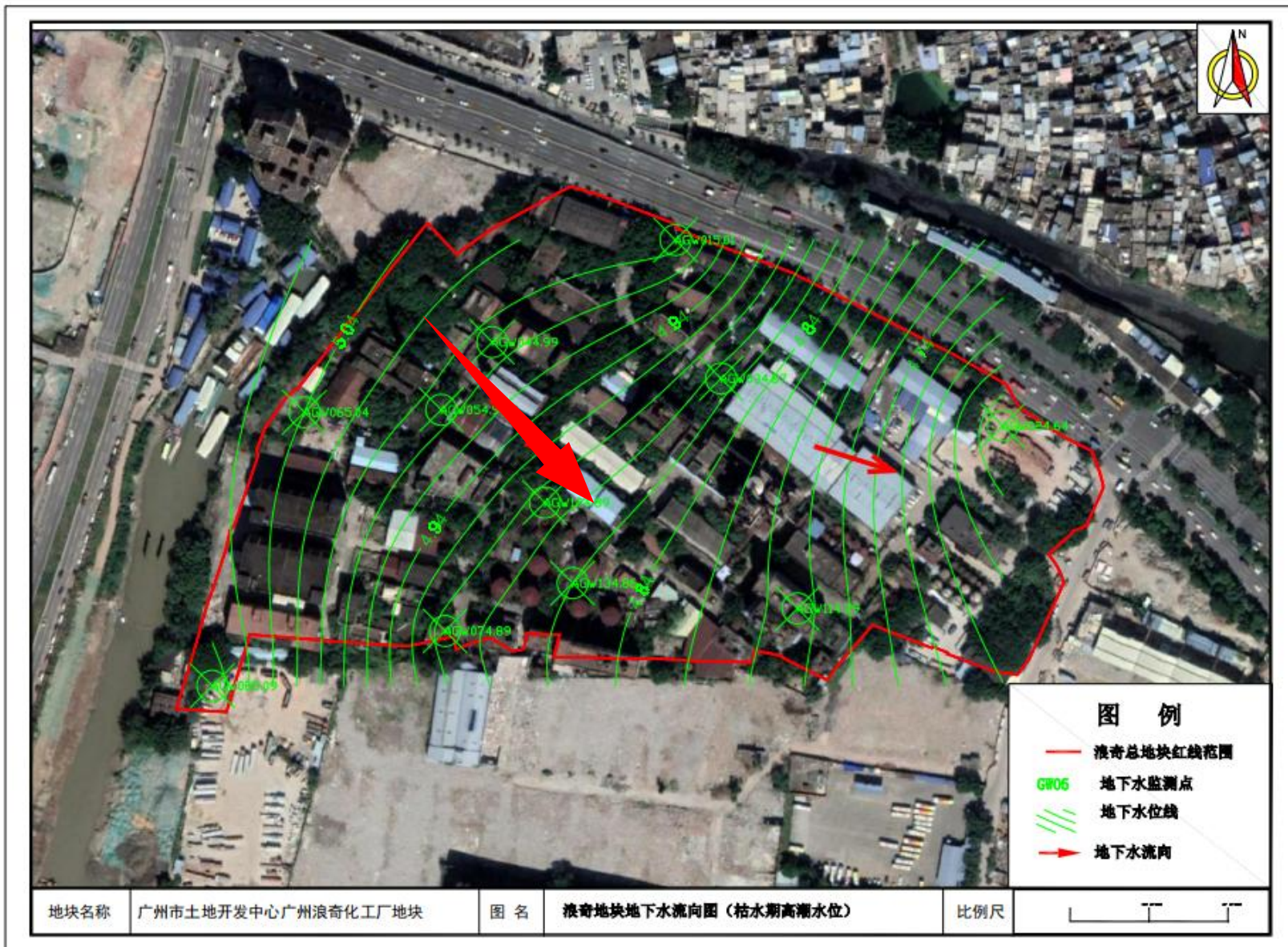


图 2.3-7 调查地块地下水流向图（高潮水位）

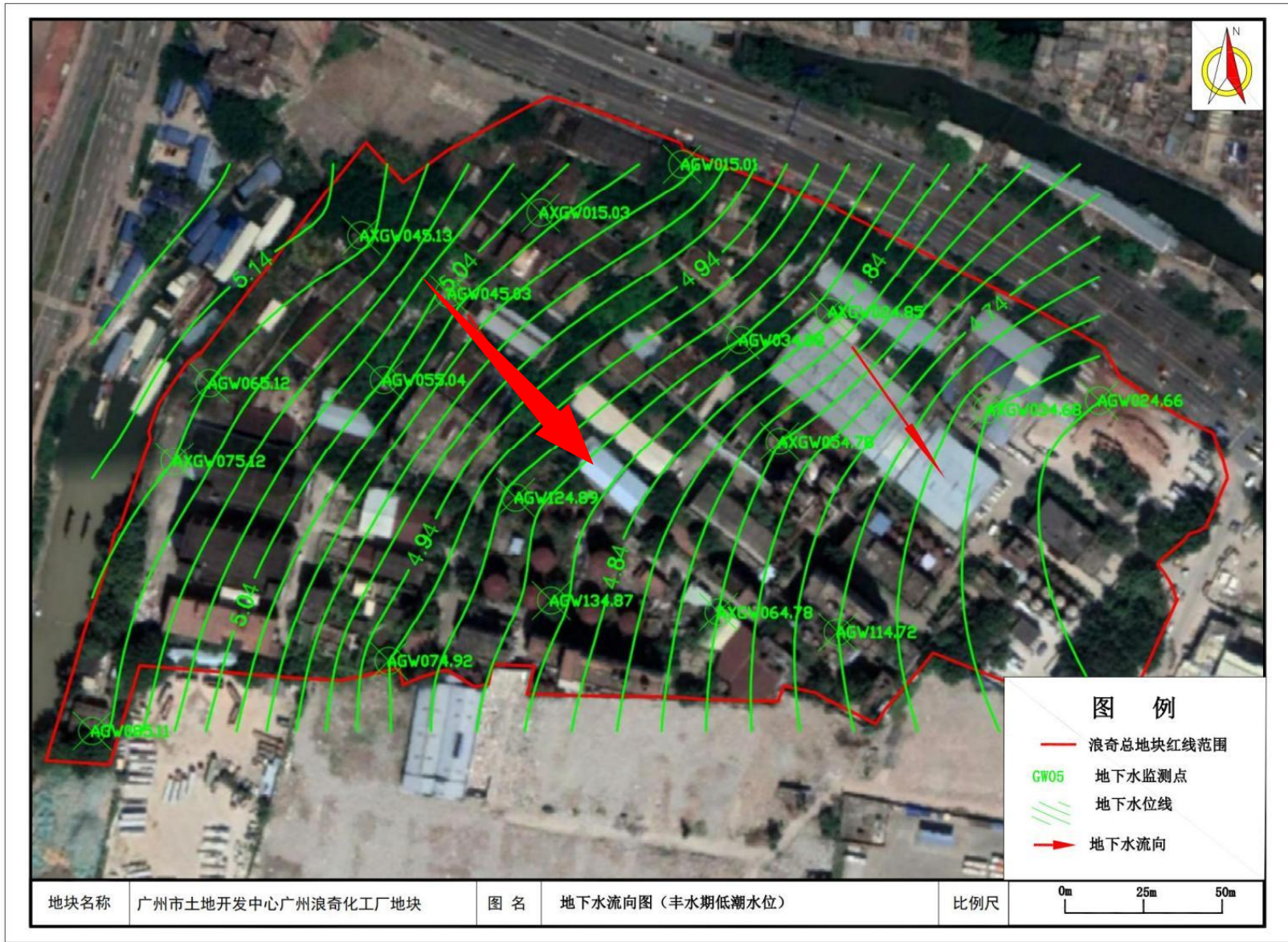


图 2.3-8 调查地块地下水流向图（低潮水位）

2.3.5.水文地质报告结论及建议

一、结论

1、水文地质条件调查区为冲洪积平原地貌，地表为第四系覆盖，无岩石出露。钻孔揭露调查地块内浅层地下水类型仅为第四系松散岩类孔隙水，调查地块内地下水流向主要为西北向东南。调查区位置较接近入海口，周边地表河流、河涌纵横，地表水系较发达，因此调查区地下水易受周边地表水及潮汐变化影响，根据广州 1:10 万水文地质图（局部），地块所在区域地下水含水层为大面积分布的咸水层，调查地块范围内地下水潜水及承压水都为微咸水，矿化度为 1~3g/L。

本次钻孔主要揭露含水层为第四系冲积砂层，渗透系数根据现场抽水试验计算，为 12.40~75.43m/d，属强透水层；隔水层主要为冲积层淤泥、淤泥质土和粉质粘土。根据详查阶段采集土样的土工试验测试结果，地块内淤泥、淤泥质土的渗透系数为 $5.18 \times 10^{-8} \sim 5.36 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，属不透水层；粉质粘土的渗透系数为 $6.58 \times 10^{-6} \sim 4.36 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，属微透水层。

2、天然包气带防渗性能评价

根据现场钻孔资料，本次调查揭露的主要含水层为第四系冲积砂层，含水层上部淤泥质黏土层在地块范围内局部缺失，不连续分布，即目标含水层上部无连续、稳定的隔水层，根据《环境影响评价技术导则地下水环境》，判定调查地块天然包气带防渗性能弱。

二、建议

1、调查地块包气带防渗性能弱，地下水与周边地表水联系强，容易受到地表污染物下渗及周边地表水水质影响，建议对调查地块地下水进行周期性动态监测，时刻关注调查地块地下水的水质变化情况。

2、在地块未来的开发利用过程中，应注意和规范控制污染物和生活垃圾的排放，同时应加强地表防渗相关措施，避免污染物的下渗对地下水造成污染。

3、调查地块上相关企业生产经营活动产生的污染物易发生渗漏下渗对该区域地下水造成污染，主要影响层位为第四系砂层含水层，因此地下水污染调查重点应为第四

系砂层含水层，建议地下水调查监测井应揭露完整砂层，钻至含水层下部隔水层后成井。

4、调查地块地下水主要为微咸水，未经处理，不适合作为饮用水或生活用水使用。

2.4.调查地块及其相邻地块土地利用状况

2.4.1.地块土地利用历史

根据前期资料收集和人员访谈了解到：

表 2.2-1 调查地块详细历史变迁表

时间（年）	土地使用权人/经营单位	名称	用途
1959年前	——	农田、水塘	农田、水塘
1959年~1989年	广州油脂化工厂	广州油脂化工厂	生产硬化油、合成脂肪酸、三磷酸五钠、磺化产品、香皂、洗衣粉、液体洗涤剂 etc 日化产品，约 1980 年之后不再生产硬化油、合成脂肪酸、三磷酸五钠
1989年~1992年	广州油脂化学工业公司	广州油脂化学工业公司	生产香皂、洗衣粉、液体洗涤剂等日化产品
1992年~1993年	广州浪奇实业公司	广州浪奇实业公司	生产液体洗涤剂、香皂、合成洗衣粉、磺化产品等
1993年~2013年	广州市浪奇实业股份有限公司	广州市浪奇实业股份有限公司	
2013年~2020年7月	广州市浪奇实业股份有限公司	广州市浪奇实业股份有限公司	厂区搬迁至南沙区，生产区和仓储区闲置，办公区正常使用，研究所使用至 2019 年底
2020年7月~9月	广州市浪奇实业股份有限公司	——	现场建筑物拆除、土地平整
2020年10月至今	广州市土地开发中心	——	土地收储

2.4.2.地块土地利用现状

调查地块原隶属于广州市浪奇实业股份有限公司，始建于1959年，前身是广州硬化油厂，是中国华南地区历史最悠久的洗涤用品生产企业之一，也是我国洗涤行业大型骨干企业，公司主要产品有洗衣粉、液体洗涤剂、皂类和日化洗涤材料等。调查地块内办公生活区主要分布在地块西北部，其余均为生产区、仓储区及配套处理设施区域。

2020年7月开始地块建筑物的拆除工作，2020年9月完成地块现场建筑物拆除和场地平整工作。当前，地块内除北部原供电局开关房未拆除以外，其余地上建筑物和罐体均已拆除，地块内地下池体均使用建筑垃圾填平，地块地面均有硬化，但是拆迁队在完成建筑物拆除工作后，曾为了获取钢筋，破除了部分区域地面和原罐体底部的硬化层，建筑物拆迁和场地平整期间无外来填土。另外在地块东北部搭建临时活动板房，用于施工工人居住和办公。

2.4.3.相邻地块土地利用历史及现状

调查地块相邻地块主要以黄埔大道东、广州浪奇化工厂地块一、油脂厂涌（原车陂涌）、新城装饰材料市场（原广州东郊家具材料厂）、广州市天河南方汽车修配厂、车陂十一社工业园、永通驾校和建材店等为主。根据所收集的历史资料，相邻地块土地利用历史情况详见表2.2-2。

表 2.2-2 相邻地块土地利用历史情况表

方位	年份	周边环境	相关生产活动
地块外东侧	1996年之前	道路、农田	/
	1996年至今	车陂新涌口西路，原粮仓路（原道路）	道路
	1996年~2016年	隔路为广州市天河南方汽车修配厂（原农田和池塘）	汽车维修
	2003年至今	用作建材存放和销售（原汽配厂北部）、居民装饰装修废弃物临时堆放点	建材堆放和销售、装修废弃物堆放
	南方汽车修配厂南侧依次为车陂新村、车陂十二社经济工业园。		
地块外南侧	1995年之前	农田、池塘和水渠	/
	1995年~2018年	车陂十一社工业园、混凝土公司、停车场（原农田和池塘）	五金厂、家具厂、电子厂、设备维修和混凝土生产

方位	年份	周边环境	相关生产活动	
	2018 年至今	逐步停产拆除建筑，现状为 空地和永通驾校	/	
	再往南曾为市政三公司废铁分类堆放区、广州市军粮供应站、东圃粮食仓库、货柜码头、车陂冷冻食品厂、车陂十二社工业园			
地块外 西侧	1986 年之前	油脂厂涌（原车陂涌）和水 塘	/	
	1986 年至今	油脂厂涌（原车陂涌）	河涌未发生变化	
	1986 年~2003 年	广州东郊家具材料厂（原水 塘区域）	家具（藤椅）生产	
	2003 年~2018 年	新城装饰材料市场	装饰材料等建材批发	
	2018 年至今	空地	/	
	隔新城装饰材料市场和车陂涌往西为车陂隧道项目部、天成居（原广州彩釉砖厂、广州市建材三厂、车陂砖窑厂），隔车陂南路为广州市自来水公司车陂水厂、江源半岛（原广州氮肥厂供水厂）			
地块外 北侧	20 世纪 70 年代之前	车陂涌、车陂村	河涌、居住	
	20 世纪 70 年代至今	填沙建设了黄埔大道、隔黄 埔大道为车陂涌和车陂村	道路、居住	
	1959 年之前	农田、水渠	/	
	1960 年~1970 年	广州油脂化工厂/广州市浪奇 实业股份有限公司 (广州浪奇化工厂地块一)	南部新建洗衣粉生产车间（仅有干 燥间、合成洗衣粉车间）。	
	1970 年~1990 年		①南部原洗衣粉车间改扩建，东部 新增煤场、渣场、新合成洗衣粉车 间；东南侧新增氯化房、中部新增 粉仓、合洗热风炉； ②西南部建设办公楼、成品仓； ③东北部农田挖设了水塘； ④西北部原饭堂区域建设科技楼用 作办公，饭堂搬迁到地块二； ⑤西北部球室南新建机修车间和办 公室。	
			1990 年~2003 年	①东北部原水塘区域填土，填土来 源车陂村农田，并新建运输服务办 公室； ②地块内中心西部新建重油库； ③西北部机修办公室改为工会。
			2003 年~2013 年	上述原新合成洗衣粉车间位置改建 为成品仓库。
	2013 年~2020 年 7 月		厂区搬迁至南沙区，生产区和仓储 区闲置，办公区正常使用。	
	2020 年 7 月~9 月	地上建筑物拆除、土地平整。		
2020 年 11 月至今	土地收储。			

2.4.4.周边环境敏感目标

由于调查地块为广州浪奇化工厂地块的一部分，故周边环境敏感目标以广州浪奇化工厂地块为整体进行调查，经现场调查，广州浪奇化工厂地块周边 1000 米范围内无名木古树、历史文物等需要特殊保护的目标，也无水源保护区，主要涉及的环境敏感保护目标有车陂村、车陂小学、东圃小学、健康乐幼儿园、明珠新村幼儿园、江源半岛、佳兆业壹号、天成居和珠江等等，环境敏感保护目标分布情况如下。

表 2.2-3 广州浪奇化工厂地块环境敏感保护目标

序号	周边敏感点	性质	方位	距离
1	车陂村	居民区	北面	70 米
		居民区	东北面	200 米
2	沙美公园	公园	北面	100 米
3	车陂小学	学校	北面	630 米
4	东圃小学	学校	东北面	340 米
5	车陂幼儿园	学校	东北面	570 米
6	华南师范大学附属天河实验中学	学校	东北面	660 米
7	天河区人民医院	医院	东北面	730 米
8	金东花园	居民区	东面	250 米
9	健康乐幼儿园	学校	东面	320 米
10	明珠新村幼儿园	学校	东面	320 米
11	兰亭盛荟	居民区	东面	900 米
12	车陂南巡警 7 中队小区	居民区	东南面	120 米
13	江源半岛	居民区	西面	120 米
14	金融城起步区棠下新墟村民住宅复建安置房	居民区	西面	330 米
15	佳兆业壹号	居民区	西北面	370 米
16	天成居	居民区	西北面	40 米
17	珠江前航道	IV 类地表水	南面	300 米
18	骏景花园	居民区	西北面	610 米

2.5.调查地块未来用地规划

调查地块位于广州市天河区黄埔大道东 128 号，地铁车陂南附近，占地面积为 107386.54 m²，土地使用权人原为广州市浪奇实业股份有限公司，原土地用途为工业用地，因广州市城市更新改造需要，广州市土地开发中心与广州市浪奇实业股份有限公司签订收储补偿协议，地块现土地使用权人为广州市土地开发中心。根据广州市人民政府《金融城东区控制性详细规划通告附图》文件显示该地块规划为商业用地（B1）、商务用地（B2）、公园绿地（非社区公园或儿童公园用地）（G1）、防护绿地（G2）和水域（E1），拟建设广州国际金融城东区，故该地块未来规划均属于《土壤环境质量 建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中规定的第二类用地。此外，地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发为地下水游泳场所等利用地下水日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。

根据广州市规划和自然资源局组织编写的《广州国际金融城东区（AT0914、AT1018 规划管理单元）城市设计优化及控制性详细规划》了解，本地块规划单元建筑设计要求建筑控高 300 米，建筑高度为建筑最高点的高度（含构架顶）；裙楼建筑高度不高于 40 米（不含装饰性构件）；根据相关规范及广州同类型区域建筑施工，该区域规划单元在建设过程中应设计相应的止水帷幕，该层高建筑相应的地下开挖基础至少大于 25m，永久止水帷幕深度至少 30m。

调查地块土地利用规划情况、详细土地利用规划情况及控制性详细规划分别见下图。



图 2.3-1 广州浪奇化工厂地块二土地利用规划图

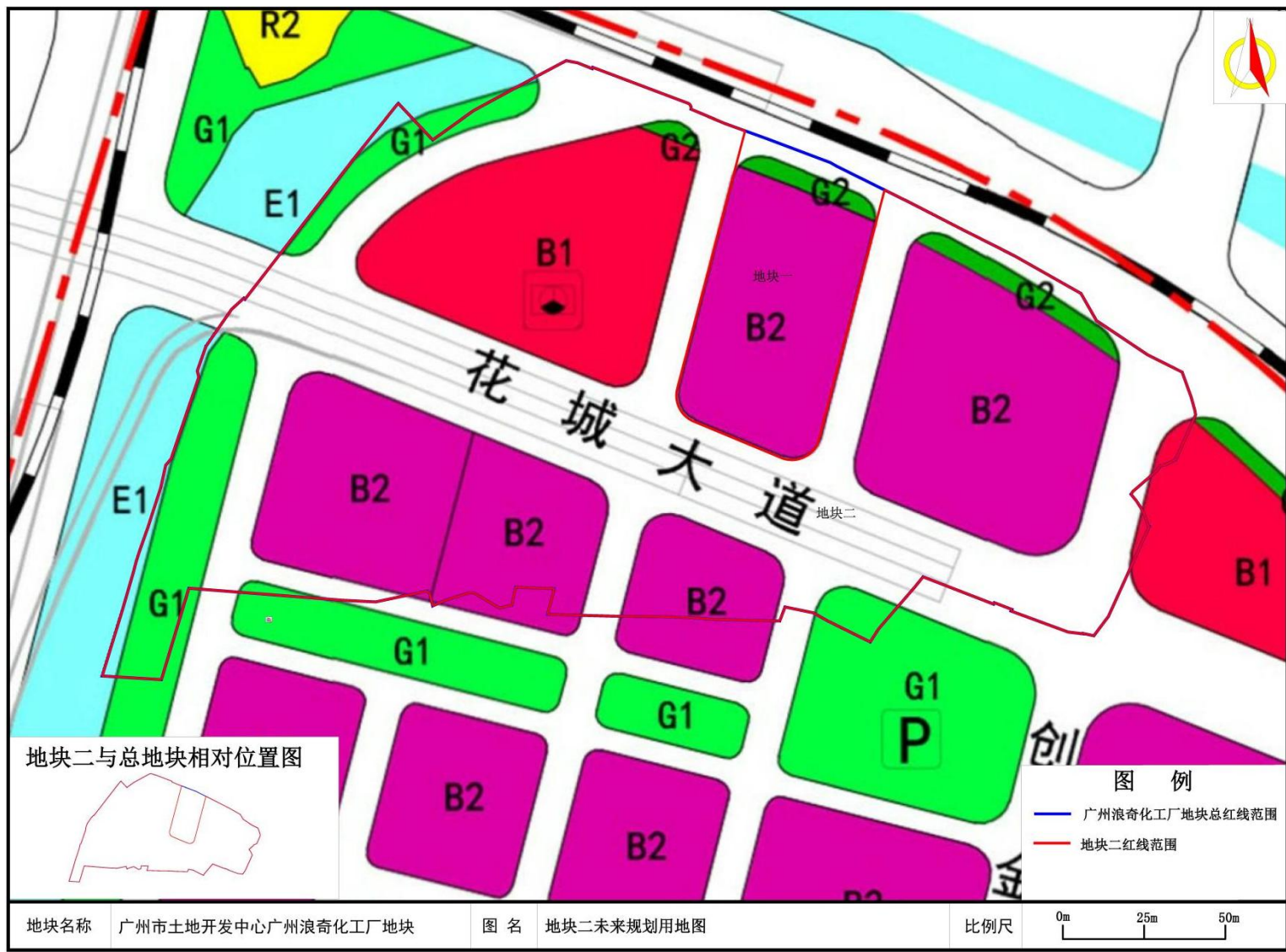


图 2.3-2 广州浪奇化工厂地块二详细土地利用规划图

2.6.前期土壤污染状况调查工作结论

2.6.1.调查结果及建议

2.6.1.1.结论

土壤：经过初步采样调查和详细采样调查，结果表明：

调查地块内土壤超二类用地筛选值点位共 40 个（S28、S50、S53/2XS02、S59、S60/2XS04、S61、S66/S66-1、S69/2XS08、S72/S72-1、S73、S76、S83、S86、S87、S92、S28-4、S28-5、S28-8、S50-3、S76-4、S76-6、X4、X8、X10、X16、X18、X23、X25、X29、X44、X48、X49、X57、2XS24、XDN03-4），超筛污染因子有石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿或 1,4-二氯苯共 6 种。其中其中石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛点位共 23 个（S53/2XS02、S59、S60/2XS04、S66/S66-1、S69/2XS08、S72/S72-1、S73、S83、S86、S87、S92、X4、X8、X10、X16、X18、X23、X25、X29、X44、2XS24、X57、XDN03-4），超筛深度范围为 0~7.0m，最大超筛倍数为 17.84；苯超筛点位共 6 个（S59、S61、S66、X23、X25、X29），超筛深度范围为 1.0~4.0m、5.0~6.0m，最大超筛倍数为 17.68；1,4-二氯苯超筛点位共 3 个（S59、S61、X23），超筛深度范围为 2.0~4.0m、5.0~6.0m，最大超筛倍数为 18.35；镍超筛点位共 4 个（S28、S28-4、S28-5、S28-8），超筛深度范围为 0~1.0m、2.0~2.5m、3.0~3.5m，最大超筛倍数为 1.43；氯仿超筛点位共 3 个（S76、S76-4、S76-6），超筛深度范围为 0~2.5m，最大超筛倍数为 9.03；4-氯苯胺超筛点位共 4 个（S50、S50-3、X48、X49），超筛深度范围为 0~2.0m，最大超筛倍数为 71.63。超一类用地筛选值但不超二类用地筛选值点位共 55 个，污染因子为镍、铜、汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯，1,4-二氯苯、4-氯苯胺、氯仿、苯并[a]芘、甲醛、邻苯二甲酸二（2-二乙基己基）酯。

调查地块土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛的原因推测有 3 种：一是由于存在燃料油、机油、冷冻油等泄露的可能；二是由于石油烃（C₁₀-C₄₀）在土壤和地下水中迁移到本地块造成的；三是污水收集管线存在泄露的可能。苯超筛区域历史时期存在烷基苯制作工艺，推测苯超筛的原因是生产过程中原辅材料泄露导致的。1,4-二氯苯超筛区域位于磺化罐区及污水管线旁，历史时期存在氯化房，推测地块内 1,4-二氯苯超筛的原因有 2 种：一是 1,4-二氯苯作为液洗车间的原材料，在储存、转运过程中泄露导致的；

二是因为旧污水处理站①或污水管道泄露造成的。**氯仿**超筛区域位于液洗车间内，推测氯仿超筛是因为液洗车间原料泄露导致的。**镍**超筛区域位于工艺皂车间，历史时期该区域为硬化油触媒车间，推测地块内镍超筛的原因是触媒催化剂（硫酸镍）使用过程中存在泄露或车间含镍废水泄露。**4-氯苯胺**超筛区域位于地块西南角危险品仓内，推测地块内 4-氯苯胺超筛的原因是原材料在贮存过程中存在泄露导致的。

地下水：经过初步采样调查和详细采样调查，结果表明：

调查地块共 32 口地下水监测井超筛，其中 18 口浅水井超筛（GW01、GW02、GW04、GW07~13、XGW01、XGW03、XGW06~08、2XGW01-浅井、2XGW02-浅井）、14 口深水井超筛（2BGW01、2BGW07、2BGW09~15、2BGW17、2BGW18、2XGW02-深井、HNS-GW07-2）。浅水井超筛指标有氟化物、砷、苯、1,2,4-三氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）；深水井超筛指标有 1,2,4-三氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）。

其中石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛水井共 9 口（GW08、GW12、GW13、XGW08、2BGW11、2XGW01-浅井、2XGW02-浅井、2XGW02-深井、HNS-GW07-2），最大超筛倍数为 77.3；氟化物超筛（IV类标准）水井共 1 口（GW10），超筛倍数为 0.11；砷超筛（IV类标准）水井共 3 口（GW08、GW09、XGW03），最大超筛倍数为 1.70；苯超筛（IV类标准）水井共 2 口（GW08、2XGW02-浅井），最大超筛倍数为 2.08；1,2,4-三氯苯超筛（IV类标准）水井共 3 口（GW09、2BGW09、HNS-GW07-2），最大超筛倍数为 1.59，硫化物超筛水井 14 口，最大超筛倍数为 250（GW11）；阴离子表面活性剂（LAS）超筛水井 32 口，最大超筛倍数为 275.83（GW12）。

调查地块地下水石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛的原因推测有 3 种：一是由于存在燃料油、机油、冷冻油等泄露的可能；二是由于石油烃（C₁₀-C₄₀）在土壤和地下水中迁移到本地块造成的；三是污水收集管线存在泄露的可能。调查地块**苯**超筛水井位于区域 3 危险品仓（S51/GW08）和区域 4 磺化车间旁（2XGW02-浅井），其中 S51/GW08 位于区域 3 危险品仓内，该点位地下水中石油烃（C₁₀-C₄₀）也超筛，因此推测该点位地下水苯超筛的原因为危险品仓中储存的汽油和柴油含有苯存在泄露造成的，2XGW02-浅

井位于区域4磺化车间旁（土壤点位S66旁），S66土壤点位超筛选值，且周边存在多个土壤苯超筛点位（S59、X23、X25、X29），因此推测该水井苯超筛的原因是土壤中的苯迁移至地下水造成的。1,2,4-三氯苯超筛水井位于磺化罐区附近，历史时期该区域作为污水处理站①使用，且历史时期存在氯化房，推测1,2,4-三氯苯超筛的原因有2个：一是污水处理站①或污水管网泄露造成的；二是1,2,4-三氯苯作为生产原料泄露造成的。砷超筛水井位于危险品仓（S51/GW08）、成品仓附近（S59/GW09）和区域5停车场内（XGW03），附近区域所有土壤点位砷指标均没有超筛，推测是地块一煤堆场、煤渣场区域地下水砷污染后（地块一地下水砷超筛）迁移造成的。氟化物超筛水井位于硫磺库内，该区域未识别到氟化物，推测氟化物超筛是由于地块内氟化物随地下水迁移至该区域富集导致的。硫化物和阴离子表面活性剂（LAS）超筛水井较多，硫化物为磺化生成工序大量使用硫磺，在生成过程中产生的，阴离子表面活性剂（LAS）作为浪奇公司主要的产品在生成和储存过程中泄露造成的。

2.6.1.2.建议

经过初步调查和详细调查，调查地块土壤及地下水污染情况已被查清，结合未来用地规划，根据规范要求需进入下一阶段风险评估。风险评估的关注污染物为：

（1）土壤中的石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯；

（2）地下水中的石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、氟化物、1,2,4-三氯苯、砷、硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）；

另外调查地块部分土壤点位镍、铜、汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯，1,4-二氯苯、4-氯苯胺、氯仿、苯并[a]芘、甲醛、邻苯二甲酸二（2-二乙基己基）酯出现超第一类用地筛选值未超第二类用地筛选值，该区域土壤需要进行后期环境管理，不可将土壤运至一类用地。

2.6.2.地下水需治理的范围

鉴于调查地块部分区域地下水颜色和异味较为严重，2022年7月对调查地块进行了地下水颜色和异味专项研究，根据专项研究中地下水非靶向扫描结果可知，HNS-GW5（2XGW01）、HNS-GW6（2XGW02）、HNS-GW7（GW09）这几个水井中扫描出来的有机物种类比较多，且这个几个水井周边土壤样品非靶向扫描中，土壤样品中

存在较多种类的 VOCs，共检出 89 种物质，其中 HJ605-2011 标准中 31 种为准确定量物质，58 种为半定量物质，其主要成分是苯系物、烷烃类、醛类、二苯醚等物质，为洗涤剂生产过程中使用的溶剂类物质。HNS-S6 号点位筛查出的 VOCs 种类最多，达到 69 种，主要为苯系物、烷烃类。HNS-S7 号点位也检出相对较多的 VOCs，共计 52 种，主要为苯系物、二硫化碳和烷烃类物质。

通过现场踏勘、《广州浪奇化工厂地块二的特征污染物识别技术服务项目研究报告》及后续色度补测结果，2XGW01 深浅井、2XGW02 深浅井、GW09 和 2BGW09 这几个水井颜色最深、异味最重，根据初步调查和详细调查，这几个水井的超筛指标也最多，而且是土壤污染最严重的区域，考虑到该项目的特点和调查工作的不确定性，应对存在有明显颜色和异味的地下水进行治理，治理范围采用周边没有明显颜色和异味的水井。

由于 2XGW01 深浅井、2XGW02 深浅井、GW08 和 2BGW08、GW09 和 2BGW09 所在区域地下水存在严重的颜色和异味，后续在土壤修复的过程中需要对有明显颜色和异味范围的地下水进行治理。

调查地块地下水含水层属松散岩类孔隙水，含水层上部淤泥质黏土层在地块范围内局部缺失，不连续分布，即目标含水层上部无连续、稳定的隔水层；由初步调查、详细调查和浪奇公司地勘资料显示，调查地块从上到下土层分布大致为：杂填土、淤泥质土、砂土、粘土、风化泥岩，有一层连续稳定的粉质粘土层，厚度为 0.6-4.8m，调查地块西侧为车陂涌，由于含水层底板深度的不一致性，根据粉质粘土揭露深度等因素地下水治理深度约为 7-11.3m，具体治理深度可依据治理阶段获得的含水层揭露深度确定，但原则上不宜小于上述深度。

第三章 土壤污染风险评估方法

本地块属于 GB36600-2018 中的第二类用地，调查地块的初步调查资料及满足风险评估要求，拟采用第二类用地性质对本项目进行风评。

3.1.风险评估启动依据

3.1.1.土壤风险评估启动依据

根据本地块的《初步调查报告》和《详细调查报告》确定调查地块中土壤中污染物石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、镍、氯仿、1,4-二氯苯、4-氯苯胺检出超第二类风险筛选值范围，部分低于或高于风险管制值，需开展风险评估并确定风险水平。

3.1.2.地下水风险评估启动依据

根据《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019年9月）、《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）以及广州市相关技术要求，地下水污染羽不涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）补给径流区和保护区，地下水有毒有害物质指标超过《地下水质量标准》（GB/T14848）中的IV类标准、《生活饮用水卫生标准》（GB5749）等相关的标准时，启动地下水污染健康风险评估工作。

根据初步调查和详细调查结果，本调查地块中超《地下水质量标准》（GB/T14848）IV类标准的地下水污染物为苯、砷及氟化物，超基于国家推荐参数在全暴露途径下用 HJ25.3 公式推导出风险控制值是石油烃（C₁₀-C₄₀）、1,2,4-三氯苯。本调查地块需开展地下水风险评估，确定风险水平。

3.1.2.1.判断检出指标是否有毒有害

根据《地下水环境状况调查评价工作指南》，分析初步、详细阶段的地下水环境调查评价结果，识别地下水污染源特征、污染羽空间分布和趋势，判断地下水检出指标是否属于有毒有害物质（参见附录 H），当地下水有毒有害物质检出时，进一步判断是否有相关标准。有毒有害物质可参见 GB/T14848 中的毒理学指标、《有毒有害水污染物名录》以及《优先控制化学品名录》等。

3.1.2.2.判断指标是否在相关标准内

(1) 检出有毒有害物质指标在饮用水相关标准内

(a) 地下水污染羽涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）补给径流区和保护区，地下水有毒有害物质指标超过《地下水质量标准》（GB/T14848）中的 III 类标准、《生活饮用水卫生标准》（GB5749）等相关的饮用水标准时，可不开展地下水污染健康风险评估工作，基于标准值开展地下水环境管理工作。地下水有毒有害物质指标检出但未超标时，工作终止。

(b) 地下水污染羽不涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）补给径流区和保护区，地下水有毒有害物质指标超过《地下水质量标准》（GB/T14848）中的IV类标准、《生活饮用水卫生标准》（GB5749）等相关的标准时，启动地下水污染健康风险评估工作。

(2) 检出有毒有害物质指标不在饮用水相关标准内

标准中未列出的有毒有害物质指标只要检出，即启动地下水健康风险评估工作。

3.2.工作流程

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）相关内容，土壤污染风险评估的主要工作流程与技术路线如图所示。调查地块风险评估流程包括危害识别、暴露评估、毒性评估和风险表征、土壤风险控制值计算以及给出修复范围和风险评估报告的编制。

(1) **危害识别**：根据地块土壤污染状况调查获取的资料，结合调查地块土地的规划利用方式，确定污染地块的关注污染物、地块内污染物的空间分布和可能的敏感受体，建立调查地块暴露模型。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，如调查地块不具备污染源—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**：在危害识别的基础上，分析调查地块土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定调查地块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，确定与地块污染状况、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。确定污染浓度水平与健康反应之间的关系。

(4) **风险表征：**在暴露评估的定量结果和毒性评估中确定的污染物毒性学参数等工作基础上，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，包括对关注污染物经不同暴露途径产生健康风险的贡献率和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) **风险控制值计算：**在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如污染调查地块风险评估结果未超过可接受风险，则结束风险评估工作；如污染调查地块风险评估结果超过可接受风险水平，则计算关注污染物基于致癌风险的修复限值和基于非致癌风险的修复限值，并进行关键参数取值的敏感性分析；如暴露情景分析表明，污染调查地块土壤中的关注污染物可淋溶进入地下水，影响地下水环境质量，则计算保护地下水的土壤修复限值。

风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、所有关注污染物的总致癌风险值、单一污染物的非致癌（非致癌风险值）和多个关注污染物的非致癌（非致癌风险值）。风险评估方法可定性和定量评价。原则上，调查地块环境评价应采用定量风险评价方法，但在下列情况下，可考虑只进行定性评价：1) 调查地块评价人员认为定性的风险评价足以能够说明问题；2) 受费用和时间限制；3) 缺少污染物的毒性资料；4) 其他原因无法计量的风险。

(6) 确定修复范围及建议

根据风险评价结果，确认调查地块对人体健康具有潜在危害的污染物类别，建议污染修复目标值，通过专业软件模拟调查地块中污染物空间分布，确定污染修复范围及土方量，提出修复建议。

(7) 编制调查地块评价报告

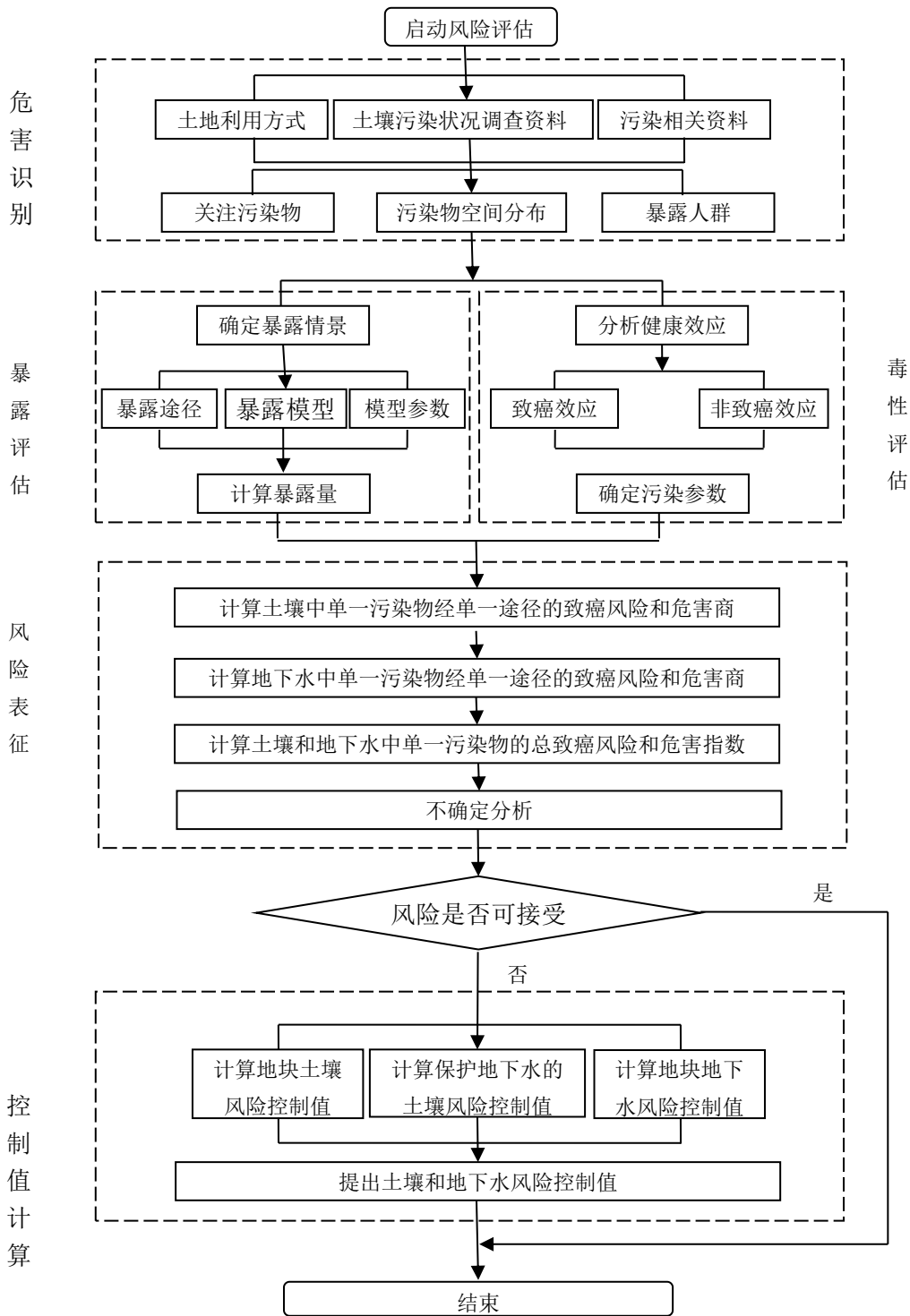


图 3.2-1 调查地块风险评估工作内容与流程图

第四章 危害识别

4.1.关注污染物筛选

4.1.1.土壤污染物

根据《初调报告》和《详调报告》显示，调查地块土壤中风险评估的关注污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）、1,4-二氯苯、氯仿、4-氯苯胺、镍和苯。考虑到风险评估的全面性，本次评估以所在区域调查检出的最大超筛值作为计算该污染物在调查地块的风险值；

4.1.2.地下水污染物

根据《初调报告》和《详调报告》的调查结果，本调查地块地下水中存在多种物质超筛选值，主要为苯、砷及石油烃（C₁₀-C₄₀）、氟化物、1,2,4-三氯苯。本次选用检出最大值进行风评计算。

4.2.受体分析

根据《初步调查报告》、《详细调查报告》得知，本次调查地块用地范围规划用途为GB36600-2018中规定的第二类用地。同时，本地块的地下水不作为饮用水开发利用，地下水规划也不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发为地下水游泳场等利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。

根据《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）指出，建设用地土壤污染风险指建设用地上居住、工作人群长期暴露于土壤中污染物因慢性毒性效应或致癌效应而对健康产生的不利影响。第一类用地主要是儿童和成人均存在长期暴露风险，第二类用地主要是成人存在长期暴露风险。调查地块基于第二类用情景下的受体敏感人群主要是地块的商户、工作人员等成人。

第五章 暴露评估

人体周围的环境，包括空气、水、土壤等，含有各种各样的化学物质，这些化学物质与人体外部边界的接触被定义为暴露。暴露评估是指根据资料和现场调查，识别污染源、污染物迁移转化的路径和暴露对象，建立污染物从源头到受体的暴露途径，并确定受体的暴露频率、暴露时间等参数的过程。

由土壤污染引起的日均暴露剂量(ADEs:AverageDailyExposure)通常用如下方程来表示：

$$ADE_s = \sum_{j=1}^l \sum_{n=1}^r \frac{IR_j^n \times EF_j^n \times ED_j^n}{AT_j^n \times BW_j} = C_s \times \sum_{j=1}^l \sum_{o=1}^m R_o^j + C_s \times \sum_{j=1}^l \sum_{pv=1}^n R_{pv}^j$$

其中， C_s ：土壤浓度(mg/g)； IR (ChemicalIntakeRate)：化学吸收率($\mu\text{g}/\text{d}$)； EF (ExposureFrequency)：暴露频率(d/a)； ED (ExposureDuration)：暴露时间(a)； AT (AveragingTime)：平均时间(d)； BW (BodyWeight)：体重(kg)； j ：被模拟的若干年龄段； o ：经口和皮肤暴露途径的数量； pv ：蒸气和颗粒物暴露途径的数量； $r=o+pv$ ：所有暴露途径的总数，取决于土地利用类型的选择。

对于综合土壤筛选值(SSLint: SoilScreeningLevel)的推导，ADE可以利用单位化学吸收率来表示： $\sum R_o$ 和 $\sum R_{pv}$ ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$ over mg/g 土壤)被分别定义为对于经口、皮肤和颗粒物及蒸气吸入这些暴露途径中 ADEs/SSLint 比例的总和。

除了直接接触暴露途径外，其它暴露途径都有溶质运移分析模型来计算污染介质之间的转化因子，例如土壤到蒸气挥发因子、土壤到空气颗粒物释放因子、土壤到植物浓度富集因子等成比例的化学吸收率(IR)或者单位化学吸收率。这些多介质转化因子与不同土地利用的暴露因子相结合，用来计算土壤污染日均暴露剂量(ADEs)。

5.1.污染物暴露浓度计算

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)和《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(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。本项目在计算各关注污染物的暴露浓度时，基于保守考虑以最大值作为暴露浓度进行风险评估。

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）》指出石油烃（C₁₀-C₄₀）一是可以采取相对毒性较高的芳香烃类（C₁₀-C₁₆）代表石油烃（C₁₀-C₄₀）进行风险评估，二是将石油烃（C₁₀-C₄₀）按照分段评估的方式进行风险评估。

若将石油烃（C₁₀-C₄₀）分段进行风险评估，调查地块内特征污染物石油烃种类不确定，最好实测调查地块内的污染物超筛指标石油烃（C₁₀-C₄₀）的分段含量比例。本调查地块风险评估采取芳香类（C₁₀-C₁₆）段的毒性参数进行风险评估。

5.2.风险评估暴露情景

根据《广州国际金融城东区规划信息》文件中《金融城东区控制性详细规划通告附图》显示该地块未来用地规划为商业用地（B1）、商务用地（B2）、公园绿地（G1）、防护绿地（G2）和水域（E1），拟建设广州国际金融城（经规划局函证，未来规划用地中公园绿地（G1）非社区公园或儿童公园用地），其中地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发为地下水游泳场所等利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。

本节将全部按照第二类用地性质进行评价。第二类用地条件下，成人均可能会长时间暴露于地块污染而产生健康危害。对于致癌效应。考虑人群的终身暴露危害，根据成人期的暴露来评估污染物的终身致癌风险；对于非致癌效应。制定土壤和地下水风险控制值及风险表征的风险评估模型考虑的暴露途径见表 5.2-1。

表 5.2-1 结合未来建设规划下调查地块暴露途径（第二类用地）

序号	污染源	暴露途径	第二类用地
1	土壤	经口摄入土壤	√
2		皮肤接触土壤	√
3		吸入土壤颗粒物	√
4		吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物	√
5		吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物	√
6		吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物	√
7	地下水	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	√
8		吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	√
9		饮用地下水	×
10		皮肤接触地下水	×

5.3.暴露途径评估的方法和模型

暴露评估是针对不同受体计算所有可能暴露途径下在暴露点的日均暴露剂量或暴露浓度。

5.3.1.土壤中各污染物暴露途径的评估计算模型

表 5.3-1 土壤中超标污染物的暴露评估方法和模型

序号	污染物	暴露途径	第二类用地
1.	苯、 石油烃、 (C ₁₀ -C ₄₀)、 1,4-二氯苯、 氯仿、 4-氯苯胺、	经口摄入土壤	√
2.		皮肤接触土壤	√
3.		吸入土壤颗粒物	√
4.		吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物	√
5.		吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物	√
6.		吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物	√
7.	镍	经口摄入土壤	√
8.		皮肤接触土壤	√
9.		吸入土壤颗粒物	√

a)经口摄入土壤途径

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，经口摄入土壤途径的土壤暴露量见公式计算：

$$OISER_{ca} = \frac{OSIRa \times EDa \times EFa \times ABSo}{BWa \times ATca} \times 10^{-6} \quad (\text{公式 5.3-1})$$

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，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用公式（5.2-2）计算：

$$OISER_{nc} = \frac{OSIRa \times EDa \times EFa \times ABSo}{BWa \times ATnc} \times 10^{-6} \quad \text{公式 5.3-2}$$

式中：

OISER_{ca}--经口摄入土壤暴露量（致癌效应），kg/(kg.d)；

OSIRa--成人每日摄入土壤量，mg/d；

EDa--成人暴露周期，a；

EFa--成人暴露频率，d/a；

BWa--成人体重，kg；

ABS_o--经口摄入吸收效率因子，无量纲；

AT_{ca}--致癌效应平均时间

OISER_{nc}--经口摄入土壤暴露量（非致癌效应），kg/(kg.d)；

AT_{nc}--非致癌效应平均时间，d。

b)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计算：

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times Ev \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \text{公式 5.3-3}$$

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，皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式计算：

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times Ev \times ABS_d}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad \text{公式 5.3-4}$$

式中：

DCSER_{ca}--皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应），kg/(kg.d)；

SAE_a--成人暴露皮肤表面积，cm²；

SSAR_a--成人皮肤表面土壤粘附系数，mg/cm²；

ABS_d--皮肤接触吸收效率因子，无量纲；

Ev--每日皮肤接触事件频率，次/S；

Ha--成人平均身高，cm；

SER_a--成人暴露皮肤所在面积比，无量纲；

DCSER_{nc}--皮肤接触途径的土壤暴露量（非致癌效应），kg/(kg.d)。

c)吸入土壤颗粒物

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计算：

$$PISER_{ca} = \left(\frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_a + f_{spi} \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \times 10^{-6} \quad \text{公式 5.3-5}$$

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计算：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIRa \times EDa \times PIAF \times (f_{spo} \times EFOa + f_{spi} \times EFIa)}{BWa \times ATnc} \times 10^{-6} \quad \text{公式 5.3-6}$$

式中:

PISER_{ca}--吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（致癌效应），kg/(kg.d);

PM₁₀--空气中可吸入颗粒物含量，mg/m³;

DAIRa--成人每日空气呼吸量，m³/d;

PIAF--吸入土壤颗粒物在体内滞留比例，无量纲;

f_{spi}--室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例，无量纲;

f_{spo}--室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例，无量纲;

EFIa--成人的室内暴露频率，d/a;

EFOa--成人的室外暴露频率，d/a;

PISER_{nc}--吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（非致癌效应），kg/(kg.d)。

d)吸入室外土壤蒸气途径

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，采用公式计算:

$$loVER_{ca1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATca} \quad \text{公式 5.3-7}$$

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，采用公式计算:

$$loVER_{nc1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATnc} \quad \text{公式 5.3-8}$$

式中:

loVER_{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/(kg.d);

VF_{suroa}--表层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量，kg/m³;

loVER_{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/(kg.d);

e)吸入室内空气中气态污染物途径

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途径对应的土壤暴露量，采用公式计算：

$$liVERca1 = VF_{subia} \times \frac{DAIRa \times EF1a \times EDa}{BWa \times ATca} \quad \text{公式 5.3-9}$$

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，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式计算：

$$liVERnc1 = VF_{subia} \times \frac{DAIRa \times EF1a \times EDa}{BWa \times ATnc} \quad \text{公式 5.3-10}$$

式中：

liVERca1--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/(kg.d)；

VFsubia--下层土壤中污染物挥发对应的室内空气中的土壤含量，kg/m³；

liVERnc2--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/(kg.d)；

5.3.2.地下水中各污染物暴露途径的评估计算模型

地下水中各污染物暴露途径的评估计算模型地下水中各污染物说明：

苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）1,2,4-三氯苯、属于有机物，具有挥发性。

综合各类污染物质相关化学性质及规划地下水用途，本风险评估地块中的石油烃（C₁₀-C₄₀）和苯存在“吸入室外空气中来自地下水的气态污染物”和“吸入室内空气中来自地下水的气态污染物暴露途径”，**砷无暴露途径**，硫化物和阴离子表面活性剂经毒性分析不再计算其风险。

确定其暴露评估方法如下。

表 5.3-2 地下水中各污染物的暴露评估方法和模型

序号	污染物	暴露途径	第二类用地
1	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、苯、1,2,4-三氯苯、氟化物	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	√
2		吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	√
3		饮用地下水	×
4		皮肤接触地下水	×
5	砷	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	×

序号	污染物	暴露途径	第二类用地
6		吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	×
7		饮用地下水	×
8		皮肤接触地下水	×

由于砷属于类金属，本地块地下水规划不涉及人体皮肤直接接触地下水的（如再开发为地下水游泳场等利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗的）功能应用。在本地块地下水的风险评估模型中无暴露途径，基于本地块二类用地规划情形下，其风险可以接受，此外氟化物暂无毒性参数可计算其风险，因而本报告后面不再对地下水中的砷、氟化物进行评估。

f)吸入室外地下水蒸汽途径

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地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式计算：

$$loVERca3 = VF_{gwoa} \times \left(\frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATCa} \right) \quad \text{公式 5.3-11}$$

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地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式计算：

$$loVERnc3 = VF_{gwoa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATnc} \quad \text{公式 5.3-12}$$

式中：

loVERca3--吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），L/(kg.d)；

loVERnc3--吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），L/(kg.d)。

VFgwoa--地下水中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量，L/m³；

g)吸入室内地下水蒸汽途径

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地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式计算：

$$liVERca 2 = VF_{gwia} \times \frac{DAIRa \times EFIa \times EDa}{BWa \times ATca} \quad \text{公式 5.3-13}$$

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，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式计算：

$$liVERnc2 = VF_{gwa} \times \frac{DAIRa \times EF1a \times EDa}{BWA \times ATnc} \quad \text{公式 5.3-14}$$

式中：

liVERca2--吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），L/(kg.d)；

VFgwa--地下水中污染物挥发对应的室内空气中的土壤含量，L/m³；

liVERnc3--吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），L/(kg.d)。

5.4.调查地块概念模型

地块原土地用途为工业用地，根据《广州国际金融城东区规划信息》文件中《金融城东区控制性详细规划通告附图》显示该地块未来用地规划为商业用地（B1）、商务用地（B2）、公园绿地（G1）、防护绿地（G2）和水域（E1），拟建设广州国际金融城，其中地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发为地下水游泳场所等利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。

调查地块概念模型是污染地块上污染源、污染运移路径（暴露途径）和污染受体的一个信息集合体，通常用简化图形来表达。模型包含了通过调查地块调查所获得的关于调查地块的所有已知信息，通常包括调查地块历史、地质与水文地质条件、土壤类型和结构、污染类型、污染释放机理、污染范围和深度、污染运移路径以及污染受体等信息。

在第二类用地情景下，根据调查地块地层结构、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，构建本了调查地块的概念模型图，该情景下主要的受体为成人，如图所示。

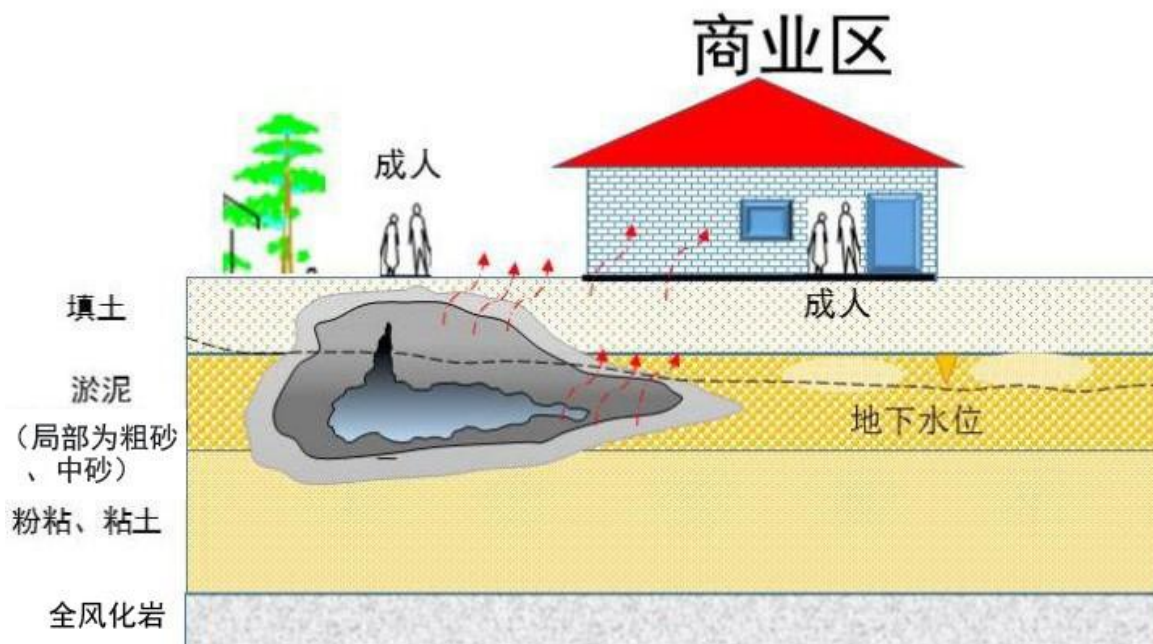


表 5.4-1 调查地块概念模型图

5.5.风险评估模型参数取值

模型中所使用的参数采用调查地块实测值或《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的推荐值。在本次风险评估中的所用到的参数主要包括人体暴露参数、调查地块土壤和地下水参数、调查地块构筑物参数和污染区参数，介绍如下：

5.5.1.人体暴露参数

此类参数常为社会学统计数据，在待评估调查地块内难以获得或即使通过研究也难以准确量化因子。因此，本项目中第二类用地采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）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）》（粤环办〔2020〕67号）的推荐参数。表 5.5-1 列举了本次风险评估所用的人体暴露参数。

表 5.5-1 人体暴露参数（第二类用地）

符号	含义	单位	参数值	参数来源
EDa	成人暴露期	a	25	HJ25.3 导则推荐值
EDc	儿童暴露期	a	---	
EFa	成人暴露频率	d·a ⁻¹	250	

符号	含义	单位	参数值	参数来源
EFc	儿童暴露频率	d·a ⁻¹	---	
EF1a	成人室内暴露频率	d·a ⁻¹	187.5	
EF1c	儿童室内暴露频率	d·a ⁻¹	---	
EFOa	成人室外暴露频率	d·a ⁻¹	62.5	
EFOc	儿童室外暴露频率	d·a ⁻¹	---	
BWa	成人平均体重	kg	61.3	广东省技术要点推荐值
BWc	儿童平均体重	kg	---	HJ 25.3 导则推荐值
Ha	成人平均身高	cm	162	广东省技术要点推荐值
Hc	儿童平均身高	cm	---	
DAIRa	成人每日空气呼吸量	m ³ ·d ⁻¹	14.5	HJ 25.3 导则推荐值
DAIRc	儿童每日空气呼吸量	m ³ ·d ⁻¹	---	
GWCRa	成人每日饮用水量	L·d ⁻¹	1.7	广东省技术要点推荐值
GWCRc	儿童每日饮用水量	L·d ⁻¹	0.7	
OSIRa	成人每日摄入土壤量	mg·d ⁻¹	100	
OSIRc	儿童每日摄入土壤量	mg·d ⁻¹	---	
Ev	每日皮肤接触事件频率	次·d ⁻¹	1	
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.8	
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物比例	无量纲	0.5	
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(SVOCs和重金属)	无量纲	0.5	
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33	
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33	HJ 25.3 导则推荐值
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(SVOCs和重金属)	无量纲	0.5	
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.18	
SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	---	
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数	mg·cm ⁻²	0.2	
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数	mg·cm ⁻²	---	
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲	0.75	
ABSo	经口摄入吸收因子	无量纲	1	
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	0.000001	
AHQ	单一污染物可接受危害熵	无量纲	1	
ATca	致癌效应平均时间	d	27920	广东省技术要点推荐值
ATnc	非致癌效应平均时间	d	9125	HJ 25.3 导则推荐值

5.5.2. 调查地块土壤和地下水参数

主要以调查实测数据为主。由于关注区域的超修复目标土壤主要为填土、粉质粘土、砂土和风化土等，不同岩性的土壤均采样并进行土工试验测试（土工试验报告详见附件1），本报告中采用各岩性土层样品送检后的平均值进行计算。表 5.5-2 列举了本次风险评估所用的调查地块参数。

表 5.5-2 土壤和地下水参数（第二类用地）

	含义	单位	参数值	参数来源	
f_{om}	土壤有机质含量	$g \cdot kg^{-1}$	24.93	土壤实测（土工试验数据）平均值	
ρ_b	土壤容重	$kg \cdot dm^{-3}$	1.37		
P_{ws}	土壤含水率	$kg \cdot kg^{-1}$	0.3244		
ρ_s	土壤颗粒密度	$kg \cdot dm^{-3}$	2.665		
PM_{10}	空气中可吸入颗粒物含量	$mg \cdot m^{-3}$	0.047	广州市三年大气环境均值	
U_{air}	混合区大气流速风速	$cm \cdot s^{-1}$	220	广东省推荐值	
δ_{air}	混合区高度	cm	200	HJ25.3 导则推荐	
W	污染源区宽度	cm	土壤	苯：7700	地块挥发性有机物超筛选值区域与风向垂向交界最大长度/污染区域最大宽度
				石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）：15600	
				1,4-二氯苯：6645	
				氯仿：3776	
			4-氯苯胺：7600		
			镍：4480		
			地下水	苯：18000	
				石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）：37000	
1,2,4-三氯苯：8000					
氟化物：8000					
h_{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度	cm	5	HJ25.3 导则推荐	
h_v	非饱和土层厚度	cm	265	实测均值	
θ_{acap}	毛细管层孔隙空气体积比	无量纲	0.038	HJ25.3 导则推荐	
θ_{wcap}	毛细管层孔隙水体积比	无量纲	0.342	HJ25.3 导则推荐	
U_{gw}	地下水达西（Darcy）速率	$cm \cdot a^{-1}$	2500	HJ25.3 导则推荐	

	含义	单位	参数值	参数来源
δ_{gw}	地下水混合区厚度	cm	200	HJ25.3 导则推荐
I	土壤中水的入渗速率	$\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$	30	HJ25.3 导则推荐

5.5.3.构筑物参数

构筑物参数采用《建设用土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的推荐参数，如表 5.5-3 所示。

表 5.5-3 构筑物参数（第二类用地）

符号	含义	单位	参数值	参数来源
θ_{acrack}	地基裂隙中空气体积比	无量纲	0.26	HJ25.3 导则推荐值
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比	无量纲	0.12	
L_{crack}	室内地基厚度	cm	35	
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比	cm	300	
ER	室内空气交换速率	$\text{次}\cdot\text{d}^{-1}$	20	
η	地基和墙体裂隙表面积所占面积	无量纲	0.0005	
τ	气态污染物入侵持续时间	a	25	
dP	室内室外气压差	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^2$	0	
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度	cm	35	
X_{crack}	室内地板周长	cm	3400	
Ab	室内地板面积	cm^2	700000	

5.5.4.污染区参数

根据广州市规划和自然资源局组织编写的《广州国际金融城东区（AT0914、AT1018 规划管理单元）城市设计优化及控制性详细规划》了解，本地块规划单元建筑设计要求建筑控高 300 米，建筑高度为建筑最高点的高度（含构架顶）；裙楼建筑高度不高于 40 米（不含装饰性构件）；根据相关规范及广州同类型区域建筑施工，该区域规划单元在建设过程中会做相应的止水帷幕，该层高建筑相应的地下开挖基础至少大于 25m。

结合未来建设规划地块需浅层开挖，开挖区下部土壤可被挖至表层，因此在风险计算时开挖范围内超修复目标土壤浓度值均选取了开挖区各污染物最大暴露浓度。污染区参数在考虑该情况前提下主要根据调查地块实际情况选取，详细如表 5.5-4 所示。

表 5.5-4 污染区参数（第二类用地）

符号	含义	单位	HJ25.3 导则推荐值	本项目计算选用值	备注	
d	表层污染土壤层厚度	cm	50	50	本项目地块开发建设需要开挖的土壤深度不小于 25m，大于污染土壤埋深，综合考虑采用国家推荐值计算。	
L _s	下层污染土壤层埋深	cm	50	50		
d _{sub}	下层污染土壤层厚度	cm	100	100		
A	污染源区面积	cm ²	160000	土壤	苯：36459000	地块污染物实际超筛投影面积/6400 网格
					石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）：169049500	
					1,4-二氯苯：4897000	
					氯仿：4896800	
					4-氯苯胺：18201700	
					镍：6990000	
				地下水	苯：252645875	
					石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）：605708256	
1,2,4-三氯苯：64000000						
				氟化物：64000000		
L _{gw}	地下水埋深	cm	—	270	详调阶段监测水位高潮水位与低潮水位平均值	

5.6. 暴露量计算结果

根据上述参数石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯（第二类用地情景）各途径暴露量计算结果见下表。

表 5.6-1 表层土壤关注污染物各途径暴露量计算结果

计算方法	污染物第二类用地暴露量	致癌								
		土壤						地下水		
		口摄入土壤颗粒物	皮肤接触土壤颗粒物	吸入土壤颗粒物	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物	吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径	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	皮肤接触地下水
名称	OISERca	DCSERca	PISERca	IOVERca1	IOVERca2	IIVERca1	IOVERca3	IIVERca2	DGWERca	
HJ25.3 推荐	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀) 【同芳香烃(C ₁₀ -C ₁₆)】	3.65E-07	1.10E-06	1.35E-09	2.60E-08	1.88E-09	8.20E-09	3.79E-08	7.29E-07	/
	苯	3.65E-07	/	1.35E-09	9.61E-08	5.86E-08	4.29E-06	6.84E-08	5.40E-06	/
	1,4-二氯苯	3.65E-07	/	1.35E-09	7.54E-09	2.32E-09	5.39E-07	-	-	-
	氯仿	3.65E-07	/	1.35E-09	3.79E-08	4.74E-08	8.05E-06	-	-	-
	4-氯苯胺	3.65E-07	2.20E-07	1.35E-09	4.13E-08	2.14E-08	1.33E-09	-	-	-
	镍	3.65E-07	/	1.35E-09	/	/	/	-	-	-
	1,2,4-三氯苯	-	-	-	-	-	-	1.82E-08	1.09E-06	/
	氟化物【同氟化氢】	-	-	-	-	-	-	2.71E-08	5.45E-07	/
非致癌										
	名称	OISERca	DCSERca	PISERca	IOVERca1	IOVERca2	IIVERca1	IOVERca3	IIVERca2	DGWERca
HJ25.3 推荐	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀) 【同芳香烃(C ₁₀ -C ₁₆)】	1.12E-06	3.37E-06	4.14E-09	7.96E-08	5.74E-09	2.51E-08	1.16E-07	2.23E-06	/
	苯	1.12E-06	/	4.14E-09	2.94E-07	1.79E-07	1.31E-05	2.09E-07	1.65E-05	/
	1,4-二氯苯	1.12E-06	/	4.14E-09	2.31E-08	7.09E-09	1.65E-06	-	-	-
	氯仿	1.12E-06	/	4.14E-09	1.16E-07	1.45E-07	2.46E-05	-	-	-
	4-氯苯胺	1.12E-06	6.74E-07	4.14E-09	1.26E-07	6.53E-08	4.07E-09	-	-	-
	镍	1.12E-06	/	4.14E-09	/	/	/	-	-	-
	1,2,4-三氯苯	-	-	-	-	-	-	5.57E-08	3.35E-06	/
氟化物【同氟化氢】	-	-	-	-	-	-	8.30E-08	1.67E-06	/	

注释：1、“/”表示无法计算出来，2、“-”表示无需计算

第六章 毒性评估

6.1.关注污染物的健康效应

调查地块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调查地块风险水平。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非致癌，即暴露剂量/浓度与参考剂量/浓度的比值，当非致癌小于 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，USEPAIRIS 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。

污染物毒性常用污染物质对人体产生的不良效应以剂量-反应关系表示。关注污染因子的毒性参数包括各途径吸收致癌斜率因子、各途径吸收参考剂量、呼吸吸入吸收参考浓度、呼吸吸入吸收致癌因子等。部分毒性参数之间可通过以下计算公式转换得到。

1) 呼吸吸入致癌斜率因子由以下公式计算得到：

$$SF_i = \frac{URF \times BW_a}{DAIR_a} \dots\dots\dots \text{公式 6.1-1}$$

2) 皮肤接触致癌斜率系数采用以下公式得到：

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{gi}} \dots\dots\dots \text{公式 6.1-2}$$

呼吸吸入参考剂量由以下公式计算得到：

$$RfD_i = \frac{RfC \times DAIR_a}{BW_a} \dots\dots\dots \text{公式 6.1-3}$$

3) 皮肤接触参考剂量采用以下公式得到：

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_{gi} \dots\dots\dots \text{公式 6.1-4}$$

6.2. 污染物毒性特征

6.2.1. 石油烃（C₁₀-C₄₀）

石油烃是广泛存在的有机污染物之一，包括汽油、煤油、柴油、润滑油、石蜡和沥青等，是多种烃类(正烷烃、支链烷烃、环烷烃、芳烃)和少量其它有机物，如硫化物、氮化物、环烷酸类等的混合物。石油烃中低分子烃的毒性要大于高分子烃，在各种烃类中，其毒性一般按芳香烃、烯烃、环烃、链烃的顺序而依次下降。石油烃对生物的毒害，主要是破坏细胞膜的正常结构和透性，干扰生物体的酶系，进而影响生物体的正常生理、生化过程。如油污能降低浮游植物的光合作用强度，阻碍细胞的分裂、繁殖，使许多动物的胚胎和幼体发育异常、生长迟缓。油污还能使一些动物致病，如鱼鳃坏死、皮肤糜烂、患胃病以至致癌。石油烃污染对土壤微生物生态系统所造成的

生态破坏效应十分广泛，包括扰乱土壤生态学功能、改变土壤微生物群落多样性和机构组成及影响土壤酶活性等。石油烃具有不同的毒性和致癌性，被动物吸收后可能通过食物链危害人体健康。

《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）采用其中毒性相对较强的芳香类石油烃作为石油烃筛选值的取值。故本项目土壤和地下水中石油烃（C₁₀-C₄₀）参照芳香类（C₁₀-C₁₆）段的毒性参数进行风险评估。

6.2.2.苯

2017年10月27日，世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单初步整理参考，苯在一类致癌物清单中。

苯为无色具有芳香气味的液体。易挥发，易燃，有毒。密度(20/4℃) 0.879g/cm³，熔点 5.5℃，沸点 80.1℃。不溶于水，溶于乙醇、乙醚、二硫化碳、冰醋酸、丙酮等有机溶剂。燃烧时发生光亮而带烟的火焰。其蒸气与空气形成爆炸性混和物，爆炸极限为 1.5%~8.0%(体积)。属中等毒性，LD₅₀: 930mg/kg(大鼠经口)、4700 mg/kg(小鼠经口)。

6.2.3.1,2,4-三氯苯

1,2,4-三氯苯，危险化学品。本品对眼、上呼吸道、粘膜、皮肤有刺激作用。慢性接触的工人出现头痛、恶心、上腹和心前区痛，部分工人肝大，有上呼吸道及眼结膜刺激症状。另外，对于环境亦有一定危害。大鼠经口 LD₅₀: 756mg/kg；大鼠经皮下 LD₅₀: 6139mg/kg；小鼠经口 LD₅₀: 300mg/kg；小鼠腹腔 LD₅₀: 1223mg/kg。

6.2.4.4-氯苯胺

4-氯苯胺用作偶氮染料及制造色酚 AS-LB 的中间体，也用作利眠宁，非那酮等医药中间体。其为白色或浅黄色晶体，溶于热水，易溶于乙醇、乙醚、丙酮、二硫化碳等常用有机溶剂。急性毒性，口服-大鼠 LD₅₀: 300 毫克/公斤；口服-小鼠 LD₅₀: 100 毫克/公斤。

6.2.5.镍

镍，英文名称 Nickel，为一种过渡金属元素，元素符号 Ni，位于第四周期第VIII族，原子序数 28。镍是一种银白色金属，具有良好的机械强度和延展性。不溶于水，

对酸和碱的抗蚀能力很强，但易溶于稀硝酸和王水中。耐高温，熔点 1455 °C，沸点 2730 °C。密度为 8.902g/cm³。可用来制造货币等，镀在其他金属上可以防止生锈。生殖毒性：大鼠经口最低中毒剂量(TDL0)：158mg/kg(多代用)，胚胎中毒，胎鼠死亡。

6.2.6.氯仿

氯仿又叫三氯甲烷，为无色透明液体，有特殊气味，味甜，高折光，不燃，质重，易挥发，纯品对光敏感，遇光照会与空气中的氧作用，逐渐分解而生成剧毒的光气（碳酰氯）和氯化氢。氯仿属于低毒物质，半数致死量（大鼠，经口）1194mg/kg。

6.2.7.1,4-二氯苯

1,4-二氯苯又名邻硝基-1,4-二氯苯，吸入、摄入或经皮肤吸收后对身体有害。对眼睛、皮肤、粘膜和上呼吸道有刺激作用。吸收后体内可形成高铁血红蛋白而致紫绀。本品可燃，具刺激性，LD50：500mg/kg（大鼠经口）。

6.3.关注污染物的毒性参数

本项目中污染物的物化毒理参数选自《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）（征求意见稿）》编制说明（2018.1）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）》（粤环办〔2020〕67号）所推荐值。污染物详细的理化和毒性参数分别见表 6.3-1、表 6.3-2。

表 6.3-1 关注污染物理化性质参数汇总表

理化性质		亨利常数		空气中扩散系数		水中扩散系数		土壤有机碳/土壤孔隙水分配系数		水溶解度		皮肤渗透系数	是否 VOC
序号	中文名	H'	数据来源	Da(cm ² /s)	数据来源	Dw(cm ² /s)	数据来源	Koc(cm ³ /g)	数据来源	S(mg/L)	数据来源	Kp(cm/hr)	
1.	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀) 【同芳香烃(C ₁₀ -C ₁₆)】	1.37E-02	HKC	1.00E-01	HKC	1.00E-05	HKC	7.06E+03	HKC	2.80E+00	- HKC	/	/
2.	苯	0.227	EPI	0.0895	WATER9	0.0000103	WATER9	145.8	EPI	1790	EPI	0.015	是
3.	镍	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4.	4-氯苯胺	0.0000474	EPI	0.0703847	WATER9	0.0000103	WATER9	112.7	EPI	3900	PHYSPROP	/	否
5.	1,2,4-三氯苯	0.058054	PHYSPROP	0.0395992	WATER9	8.4033E-06	WATER9	1356	EPI	49	PHYSPROP	/	否
6.	1,4-二氯苯	9.85E-02	EPI	5.50E-02	WATER9	8.68E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	8.13E+01	EPI	/	是
7.	氯仿	0.15	EPI	7.69E-02	WATER9	1.09E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	7.95E+03	EPI	/	是
8.	氟化物【同氟化氢】	4.3E-03	PHYSPROP	2.2E-01	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	2.2E-05	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	/	/	1.0E+06	PHYSPROP	/	否

备注：

(1) H'：无量纲亨利常数；Da：空气中扩散系数；Dw：水中扩散系数；Koc：土壤-有机碳分配系数；S：水溶解度。

(2) “EPI”代表美国环保局“化学品性质参数估算工具包 (Estimation Program Interface Suite)”数据；“WATER 9”代表美国环保局“废水处理模型 (Wastewater Treatment Model)”数据；“RSL”代表数据来自美国环保局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物理化性质数据 (2017 年 6 月发布)；“HKC”代表数据来自中国香港特别行政区土壤修复目标值制订技术文件 (2007 年)。“PHYSPROP”数据库由非盈利研究组织 SRC 建立并维护，并与美国 EPA 的 QSAR 工具 EPI Suite 对接。它包含了超过几万种化学物质的名称、结构和理化性质信息。这些数据可能来自实验，外推或预测值。

(3) 表中无量纲亨利常数等理化性质参数为常温条件下的参数值。

表 6.3-2 关注污染物毒理性质参数汇总表

毒理性质		经口摄入致癌斜率因子		呼吸吸入单位致癌因子		经口摄入参考剂量		呼吸吸入参考浓度		消化道吸收效率因子		皮肤吸收因子	
序号	中文名	Sf _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR(mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD _o (mg/kg-d)	数据来源	RfC(mg/m ³)	数据来源	ABS _{gi} (无量纲)	数据来源	ABS _d (无量纲)	数据来源
1.	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀) 【同芳香烃(C ₁₀ -C ₁₆)】	-	-	-	-	0.04	HKC	0.2	参考广东省技术要点中芳香烃(C ₁₃ -C ₁₆)的参数	1	HIKC	0.5	HKC
2.	苯	0.055	I	0.0078	I	0.004	I	0.03	I	1	RSL	/	/
3.	镍			2.60E-01	RSL	2.00E-02	I	9.00E-05	RSL	0.04	RSL	/	/
4.	4-氯苯胺	0.2	P	/	/	0.004	I	/	/	1	/	0.1	/
5.	1,2,4-三氯苯	0.029	P	/	/	0.01	I	0.002	P	1	/	/	/
6.	1,4-二氯苯	5.40E-03	RSL	1.10E-02	RSL	7.00E-02	RSL	8.00E-01	I	1	RSL	/	/
7.	氯仿	3.10E-02	RSL	2.30E-02	I	1.00E-02	I	9.80E-02	RSL	1	RSL	/	/
8.	氟化物【同氟化氢】	/	/	/	/	4.00E-02	C	1.40E-02	C				

备注:

(1) SF_o: 经口摄入致癌斜率因子; IUR: 呼吸吸入单位致癌风险; RfD_o: 经口摄入参考剂量; RfC: 呼吸吸入参考浓度; ABS_{gi}: 消化道吸收因子; ABS_d: 皮肤吸收效率因子。

(2) “I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统 (USEPA Integrated Risk Information System)” ; “P”代表数据来自美国环保局“临时性同行审定毒性数据 (The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values)” ; “RSL”代表数据来自美国环保局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2018年5月发布, 苯的毒性参数2020年发布更新没变动) 。

第七章 风险表征

风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、所有关注污染物的总致癌风险值、单一污染物的非致癌（非致癌风险值）和多个关注污染物的非致癌（非致癌风险值）。

非致癌物：每种暴露途径（如经口摄入、皮肤接触或空气吸入）推导的 ADE 之和与参考剂量相除（ADE/RfD）得到危害指数（HI:HazardIndex），这个过程通常被称为正向计算（ForwardCalculation）。如果危害指数小于 1，说明不会产生健康危害；若危害指数大于 1，说明有潜在危害的可能性，需要更深入的调查与评估。

致癌物：每种暴露途径（如经口摄入、皮肤接触或空气吸入）推导的 ADE 之和与致癌斜率因子相乘（ADE×SF）得到风险值（Risk）。若风险值小于目标风险，说明致癌风险可以接受；若风险值大于目标风险，说明有潜在致癌风险的可能性，需要进行更深入的调查与评估。

7.1.风险表征计算模型

7.1.1.风险评估公式的介绍

本次风险评估所使用的计算公式主要来源于《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019年9月）的推荐公式，可以计算不同污染调查地块的风险控制值和筛选值，为污染地块筛选和修复提供指导。计算方法适用于污染地块人体健康风险评估和污染地块筛选值的查询和土壤和地下水风险控制值的确定，但不适用于放射性物质、致病性生物污染以及农用地土壤污染的风险评估。

7.1.2.可接受风险水平

风险可接受水平的确定于城市经济发展水平等社会因素息息相关，对于风险可接受水平的确定，不同国家确定的值存在数量级差异。其中，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。国外主要国家和地区

在制定不同情景下土壤筛选值或风险控制值过程中关于致癌性可接受风险水平的取值如表 7.1-1 所示。

表 7.1-1 国外可接受致癌风险水平取值

国家	基准（或标准）名称	可接受的风险水平
美国	土壤筛选值	10^{-6}
加拿大	土壤质量指导值	10^{-6}
丹麦	土壤质量标准	10^{-6}
意大利	土壤阈值	10^{-6}
新西兰	可接受标准(木材处理场地)	10^{-5}
	可接受标准(燃气厂场地)	10^{-5}
	可接受标准(石油工业场地)	10^{-5}
比利时佛兰德地区	土壤清洁标准值	10^{-5}
芬兰	阈值	10^{-5}
	指导值	10^{-5}
西班牙	通用参考值	10^{-5}
瑞典	污染土壤指导值	10^{-5}
法国	效应说明值	10^{-5}
德国	触发值	10^{-5}
	行动值	10^{-5}
荷兰	干预值	10^{-4}
澳大利亚	土壤调查值	10^{-6}
英国	土壤指导值	10^{-6}

国家生态环境部发布的《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中，致癌性可接受风险水平设置为 1×10^{-6} ，非致癌性非致癌设置为 1。

基于以上国内外对于可接受致癌及非致癌风险可接受水平取值调研，同时考虑到本项目的特殊性，本项目风险评估过程中，保守考虑，将参考生态环境部导则的要求，将致癌性可接受风险水平设置为 1×10^{-6} ，非致癌性非致癌设置为 1，以评估相关污染物的健康风险是否超标。

7.2.土壤中污染物计算模型

本次风险评估过程中，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）中推荐的风险计算模型计算各关注污染物的健康风险，模型具体如下所述。

7.2.1.土壤单一污染物致癌风险

（一）经口摄入土壤中单一污染物的致癌风险，采用公式计算：

$$CR_{OIS} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \quad \text{公式 7.2-1}$$

公式中：

CROIS—经口摄入土壤暴露于单一污染物的致癌风险，无量纲；

Csur—浅层土壤中关注污染物浓度， $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；

OISERca—经口摄入土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ；

SFo—污染物经口摄入途径致癌斜率因子；

（二）皮肤接触土壤中单一污染物的致癌风险，采用公式计算：

$$CR_{DCS} = DCSEER_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \quad \dots\dots\dots \text{公式 7.2-2}$$

公式中：

CRDCS—皮肤接触土壤暴露单一污染土壤的致癌风险，无量纲；

DCSEERca—皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ；

SFd—污染物皮肤接触摄入途径下的致癌斜率因子；

Csur—浅层土壤中关注污染物浓度， $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

（三）吸入土壤颗粒物中单一污染物的致癌风险，采用公式计算：

$$CR_{PIS} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad \dots\dots\dots \text{公式 7.2-3}$$

公式中：

CRPIS—吸入土壤颗粒物暴露于单一污染物致癌风险，无量纲；

PISERca—吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ；

Csur—浅层土壤中关注污染物浓度， $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；

SFi—污染物呼吸暴露途径下的致癌斜率因子。

(四) 吸入室外空气中单一气态污染物的致癌风险，采用公式计算：

$$CR_{IoV} = (IoVER_{ca1} \times C_{sur} + IoVER_{ca2} \times C_{sub}) \times SF_i \dots\dots\dots \text{公式 7.2-4}$$

公式中：

CR_{IoV}—吸入室外空气暴露于单一污染物的致癌风险，无量纲；

C_{sub}—下层土壤中污染物浓度，mg·kg⁻¹；必须根据调查地块调查获得参数值。

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/(kg.d)；

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），kg/(kg.d)；

C_{sur}—浅层土壤中关注污染物浓度，mg·kg⁻¹；

SF_i—污染物呼吸暴露途径下的致癌斜率因子。

(五) 吸入室内空气中单一气态污染物的致癌风险，采用公式计算：

$$CR_{IiV} = IiVER_{ca1} \times C_{sub} \times SF_i \dots\dots\dots \text{公式 7.2-5}$$

公式中：

CR_{IiV}—吸入室内空气暴露于单一污染物的致癌风险，无量纲。

IiVER_{ca1}—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/(kg.d)；

C_{sub}—下层土壤中污染物浓度，mg·kg⁻¹；必须根据调查地块调查获得参数值。

SF_i—污染物呼吸暴露途径下的致癌斜率因子。

(六) 单一土壤污染物经所有暴露途径的致癌风险，采用公式计算：

$$CR_n = CR_{OIS} + CR_{DCS} + CR_{PIS} + CR_{IoV} + CR_{IiV} \dots\dots\dots \text{公式 7.2-6}$$

公式中：

CR_n—经所有暴露途径暴露于单一污染物（第 n 种）的致癌风险，无量纲。

CR_{OIS}—经口摄入土壤暴露于单一污染物的致癌风险，无量纲；

CR_{DCS}—皮肤接触土壤暴露单一污染土壤的致癌风险，无量纲；

CR_{PIS}—吸入土壤颗粒物暴露于单一污染物致癌风险，无量纲；

CRIoV—吸入室外空气暴露于单一气态污染物的致癌风险，无量纲；

CRiiv—吸入室内空气暴露于单一气态污染物的致癌风险，无量纲。

7.2.2.土壤单一污染物非致癌风险

(一) 经口摄入污染土壤中单一污染物的非致癌非致癌值，采用公式计算：

$$HQ_{OIS} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o \times SAF} \dots\dots\dots \text{公式 7.2-7}$$

公式中：

HQOIS—经口摄入土壤暴露于单一污染物的非致癌非致癌值，无量纲；

SAF—暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲；

OISERnc—经口摄入土壤暴露量（非致癌效应），kg/(kg.d)；

Csur—浅层土壤中关注污染物浓度，mg·kg⁻¹；

RfDo—污染物经口摄入条件下非致癌参考剂量。

(二) 皮肤接触污染土壤中单一污染物的非致癌非致癌值，采用公式计算：

$$HQ_{DCS} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \dots\dots\dots \text{公式 7.2-8}$$

公式中：

HQDCS—皮肤接触土壤暴露单一污染物的非致癌非致癌值，无量纲。

DCSERnc—皮肤接触途径的土壤暴露量（非致癌效应），kg/(kg.d)；

Csur—浅层土壤中关注污染物浓度，mg·kg⁻¹；

RfDd—污染物皮肤接触途径下非致癌参考剂量；

SAF—暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲。

(三) 吸入受污染土壤颗粒物中单一污染物的非致癌非致癌值，采用公式计算：

$$HQ_{PIS} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \dots\dots\dots \text{公式 7.2-9}$$

公式中：

HQPIS—吸入土壤颗粒物暴露于单一污染物的非致癌非致癌值，无量纲；

PISERnc—吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（非致癌效应），kg/(kg.d)；

C_{sur}—浅层土壤中关注污染物浓度，mg·kg⁻¹；

RfDi—污染物呼吸暴露途径下非致癌参考剂量；

SAF—暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲。

(四) 吸入室外空气中单一气态污染物的非致癌非致癌值，采用公式计算：

$$HQ_{IoV} = \frac{IoVER_{nc1} \times C_{sur} + IoVER_{nc2} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \dots\dots\dots \text{公式 7.2- 10}$$

公式中：

HQ_{IoV}—吸入室外空气暴露于单一污染物非致癌非致癌值，无量纲；

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/(kg.d)；

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），kg/(kg.d)；

C_{sur}—浅层土壤中关注污染物浓度，mg·kg⁻¹；

C_{sub}—下层土壤中污染物浓度，mg·kg⁻¹；必须根据调查地块调查获得参数值。

RfDi—污染物呼吸暴露途径下非致癌参考剂量；

SAF—暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲。

(五) 吸入室内空气单一气态污染物的非致癌非致癌值，采用公式计算：

$$HQ_{IiV} = \frac{IiVER_{nc1} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \dots\dots\dots \text{公式 7.2- 11}$$

公式中：

HQ_{IiV}—吸入室内空气暴露于单一污染物非致癌非致癌值，无量纲；

IiVER_{nc}—吸入室内空气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/(kg.d)；

C_{sub}—下层土壤中污染物浓度，mg·kg⁻¹；必须根据调查地块调查获得参数值。

RfDi—污染物呼吸暴露途径下非致癌参考剂量；

SAF—暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲。

(六) 单一土壤污染物经所有途径的非致癌非致癌值，采用公式计算：

$$HQ_n = HQ_{OIS} + HQ_{DCS} + HQ_{PIS} + HQ_{IoV} + HQ_{IiV} \dots\dots\dots \text{公式 7.2- 12}$$

公式中：

HQ_n—经所有途径暴露于单一污染物（第 n 种）的非致癌危害指数，无量纲；

HQOIS—经口摄入土壤暴露于单一污染物的非致癌非致癌值，无量纲；

HQDCS—皮肤接触土壤暴露单一污染物的非致癌非致癌值，无量纲；

HQPIS—吸入土壤颗粒物暴露于单一污染物的非致癌非致癌值，无量纲；

HQIoV—吸入室外空气暴露于单一污染物非致癌非致癌值，无量纲；

HQIiV—吸入室内空气暴露于单一污染物非致癌非致癌值，无量纲。

7.3.地下水中污染物计算模型

7.3.1.地下水中单一污染物致癌风险

对于单一污染物，计算吸入室外空气中地下水气态污染物和吸入室内空气中地下水气态污染物途径致癌风险的推荐模式，分别见《地下水污染风险评估工作指南》附录 C 公式（C.3）和（C.4）。计算单一地下水污染物经所有暴露途径致癌风险的推荐模式，见附录 C 公式（C.5）。

7.3.2.地下水中单一污染物非致癌

对于单一污染物，计算吸入室外空气中地下水气态污染物、吸入室内空气中地下水气态污染物途径非致癌的推荐模式，分别见《地下水污染风险评估工作指南》附录 C 公式（C.8）和（C.9）。计算单一地下水污染物经所有途径非致癌非致癌的推荐模式，见附录 C 公式（C.10）。

7.4.计算结果及评价

7.4.1.土壤及地下水关注污染物的风险评估结果（第二类用地情景）

根据国家生态环境部发布的《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中，致癌性可接受风险水平设置为 1×10^{-6} ，非致癌性非致癌设置为 1。根据表 7.4-1 所得，土壤中苯的致癌风险为 $1.25E-05$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $4.97E-01$ 小于 1，风险可接受；土壤中苯总的风险值不可接受；土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 19.4 大于 1，土壤中风险不可接受；土壤中 4-氯苯

胺的致癌风险为 $7.27E-05$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $5.56E-01$ 小于 1，风险可接受；土壤中 4-氯苯胺总的风险值不可接受；土壤中镍的致癌风险为 $3.25E-06$ ，风险不可接受；非致癌风险为 1.09 大于 1，风险不可接受；土壤中镍总的风险值不可接受；土壤中氯仿的致癌风险为 $7.25E-06$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $3.24E-02$ 小于 1，风险可接受；土壤中氯仿总的风险值不可接受；土壤中 1,4-二氯苯致癌风险为 $1.07E-05$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $2.92E-02$ 小于 1，风险可接受；土壤中 1,4-二氯苯总的风险值不可接受；结合未来规划用地性质，因此本项目土壤中石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯超过了风险可接受水平，需进行土壤修复或管控。

地下水中苯的致癌风险为 $6.66E-08$ 小于 1×10^{-6} ，非致癌风险为 $2.64E-03$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行管控和修复；地下水中石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 $1.40E-02$ 小于 1，地下水风险可接受；地下水中 1,2,4-三氯苯非致癌风险为 $2.12E-04$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；地下水中氟化物致癌风险值无法计算，非致癌风险为 $2.35E-03$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复。

综上所述，结合未来规划用地性质，本项目地下水中石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、苯、1,2,4-三氯苯、氟化物风险可接受，不需进行地下水修复及管控。

7.4.2.关键暴露途径贡献率分析

根据上文对使用阶段不同用地类型下对不同暴露途径的健康风险分析，将计算暴露情景下主要污染物的暴露途径的风险贡献率进行计算与整理，并分析各污染因子的主次要暴露途径。

1.贡献率计算公式

单一污染物经不同暴露途径的致癌风险和非致癌风险贡献率分析见以下模型：

$$PCR_i = \frac{CR_i}{CR_n} \times 100\% \quad \text{公式 7.4-1}$$

$$PHQ_i = \frac{HQ_i}{HI_n} \times 100\% \quad \text{公式 7.4-2}$$

其中， CR_i ——单一污染物经第*i*种暴露途径的致癌风险，无量纲；

PCR_i ——单一污染物经第*i*种暴露途径的致癌风险贡献率，无量纲；

HQ_i ——单一污染物经第*i*种暴露途径的非致癌，无量纲；

PHQ_i ——单一污染物经第*i*种暴露途径的非致癌风险贡献率，无量纲。

2.致癌风险贡献率

本项目在第二类用地情景下，致癌风险超过可接受水平的因子为4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯和苯。。以上因子不同暴露途径致癌风险贡献率见表 7.4-2。

3.非致癌风险贡献率

本项目在第二类用地情景下，非致癌风险超过可接受水平的因子为石油烃（ C_{10} - C_{40} ）、1,2,4-三氯苯、氟化物。以上因子不同暴露途径非致癌风险贡献率见表 7.4-2。

根据计算可知，苯的致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险，石油烃(C₁₀-C₄₀)的非致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为经口摄入土壤途径致癌风险和皮肤接触土壤途径，苯的非致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径。氯仿致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径。氯仿的非致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径。1,4-二氯苯致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径。1,4-二氯苯非致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为经口摄入土壤途径和吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径。镍的致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入土壤颗粒物途径。镍的非致癌风险贡献率大于 20%的途径主要为吸入土壤颗粒物途径和皮肤接触土壤途径。

7.5.不确定性分析

7.5.1.不确定性来源

调查地块健康风险评估是一个系统的工作，需要环境学、化学、地质学、毒理学、统计学等多学科的融合，受基础科学发展水平、实践及资料限制，风险评估计算的不确定性主要来源于选用模型的适用性、模型的设定条件与实际条件的差异、模型参数的确定以及检测统计数据的代表性。本项目的风险评估工作存在不确定性，主要体现在以下几个方面：

(1) 污染物迁移过程的不确定性：本项目的风险评估模型中的污染物迁移过程来源于风险评估技术导则，但模型的拟合程度与调查地块的实际情况（如水文地质情况、地层结构等）拟合情况如何，还无从验证，其评价过程与评价结果仍存在一些不确定性因素。

(2) 计算模型的不确定性：风险评估按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的基本要求计算。虽然风险评估的计算模型是基于理论原理建立，且长期以来被广泛应用于实际污染调查地块的风险管理决策，但必须认识到几乎没有

一个数学模型可以完全准确地描述污染物迁移和暴露的全过程。随着技术的发展，暴露计算和风险计算的方法可能会发生改变。

(3) 调查地块参数和暴露参数的不确定性：本项目的模型输入数据均为调查地块实测数据（如调查地块土壤理化性质参数、水文地质参数、气候参数等）或国家导则中的默认保守参数。由于我国对于风险评估的基础研究相对匮乏（如对暴露参数和建筑物参数的统计），且广州地区的参数（如气象、暴露等参数）和与国家导则中推荐的默认参数也存在一定的差异性，因此模型根据国家导则计算目标地块的风险或非致癌可能与目标地块的实际情况有所差异。

(4) 污染物毒性学性质：不同的研究机构或政府机构根据特定条件下的研究结果或统计结果提出了不同的毒性参数和理化参数，这些参数根据试验条件的不同略有差异，而且会根据毒性学的研究进展进行更新。本项目中关注污染物的物理化学特性参数和毒理学参数主要来自于《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的规范性目录以及其他权威部门发布的数据，部分参数可能会随着数据的更新而发生改变。

(5) 风险评估的结果是基于对应调查地块概念模型中的暴露情景，当实际的暴露情形发生时，本次风险评估的结果并不能保证污染源的风险可接受性，例如土壤异食癖人群等。因此，在使用本次风险评估的结果时应注意风险评估中的暴露情景。

(6) 本调查地块风险评估工作基于业主提供的相关资料及调查地块调查时的结果开展的，若未来调查地块发生大的变化及污染物的衰减等，将为计算结果带来极大不确定性，导致本次计算结果不适用于变更后的情况。

7.5.2. 敏感性分析

7.5.2.1. 敏感性参数确定

单一暴露途径风险贡献率超过 20% 时，应进行人群和与该途径相关参数的敏感性分析。石油烃的经口摄入土壤途径贡献率超 20%，苯的经口摄入土壤途径、皮肤接触土壤和吸入室内土壤颗粒物的贡献率超 20%，需针对这些途径涉及的参数进行敏感性分析。

选定需要进行敏感性分析的参数（P）一般应是对风险计算结果影响较大的参数，如人群相关参数（体重、暴露期、暴露频率等）、与暴露途径相关的参数（每日摄入土壤量、皮肤表面土壤粘附系数、每日吸入空气体积等）。

7.5.2.2.敏感性分析方法

模型参数的敏感性可用敏感性比值来表示，即模型参数值的变化（从 P1 变化到 P2）与致癌风险或非致癌（从 X1 变化到 X2）发生变化的比值。计算敏感性比值的推荐模型如下：

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} \text{ 公式 7.5-1}$$

公式中：

SR—模型参数敏感性比例，无量纲；

P₁—模型参数 P 变化前的数值；

P₂—模型参数 P 变化后的数值；

X₁—按 P₁ 计算的致癌风险或非致癌，无量纲；

X₂—按 P₂ 计算的致癌风险或非致癌，无量纲。

敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响也越大。

第八章 风险控制值的计算

根据暴露评估和可接受风险水平的设定，采用风险评估方法和调查地块调查获得的相关数据，计算适合于本项目不同调查地块规划下的土壤关注因子的含量限值，也即土壤或地下水中关注因子的风险控制值。调查地块风险控制值的计算包括：计算单一关注污染物经单一和所有暴露途径致癌风险所推导的风险控制限值，计算单一关注污染物经单一暴露途径的非致癌和基于所有暴露途径的非致癌所推导的风险控制限值；根据以上计算的基于致癌风险推导的限值以及基于非致癌推导的限值，选择较严格的限值作为计算所得的风险控制值。

8.1.土壤风险控制值计算结果

通过上述计算方式和参数设定（详见 5.2.3），并按照单一污染物致癌风险可接受水平 10^{-6} 、非致癌物质风险可接受水平设定为 1。风险控制值的计算如下。

表 8.1-1 风险控制值的计算取值

序号	类型	计算内容	取值方法
1	土壤风险控制值	基于致癌效应的土壤风险控制值	取最小值作为土壤风险控制值
2		基于非致癌效应的土壤风险控制值	
3		基于保护地下水的土壤风险控制值	
5		基于非致癌效应的地下水风险控制值	

计算得出本地块第二类用地类型下土壤中致癌风险或非致癌不可接受的污染物的风险控制值。

8.1.1.风险控制值的计算公式

1. 基于致癌风险的土壤风险控制值

a.基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$RCVSoils = \frac{ACR}{OISERca \times SFo} \quad \text{公式 8.1-1}$$

b.基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$RCVSois = \frac{ACR}{DISERca \times SFo} \quad \text{公式 8.1-2}$$

c.基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$RCVSpis = \frac{ACR}{PISERca \times SFi} \quad \text{公式 8.1-3}$$

d.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，采用以下公式计算：

$$RCVSiov1 = \frac{ACR}{IOVERca1 \times SFi} \quad \text{公式 8.1-4}$$

e.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，采用以下公式计算：

$$RCVSiov2 = \frac{ACR}{IOVERca2 \times SFi} \quad \text{公式 8.1-5}$$

f.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，采用以下公式计算：

$$RCVSiiv = \frac{ACR}{IIVERca1 \times SFi} \quad \text{公式 8.1-6}$$

g.基于6种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$RCVSt = \frac{ACR}{OISERca \times SFo + DCSERCa \times SFd + (PISERca + IOVERca + IVOERca + IIVERca) \times SFi} \quad \text{公式 8.1-7}$$

2.基于非致癌风险的土壤风险控制值

a.基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVSois = \frac{RfDo \times SAF \times AHQ}{OISERnc} \quad \text{公式 8.1-8}$$

b.基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVDis = \frac{RfDd \times SAF \times AHQ}{DISERnc} \quad \text{公式 8.1-9}$$

c.基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVS_{pis} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{OISERnc} \quad \text{公式 8.1-10}$$

d.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，采用以下公式计算：

$$HCVS_{iov1} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVERnc1} \quad \text{公式 8.1-11}$$

e.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，采用以下公式计算：

$$HCVS_{iov2} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVERnc2} \quad \text{公式 8.1-12}$$

f.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，采用以下公式计算：

$$HCVS_{iiv} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IIVERnc1} \quad \text{公式 8.1-13}$$

g.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，采用以下公式计算：

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISERnc}{RfDo} + \frac{DISERnc}{RfDd} + \frac{PISERnc + IOVERnc1 + IOVERnc2 + IIVERnc1}{RfDi}} \quad \text{公式 8.1-14}$$

8.2.调查地块风险评估结论

按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算关注污染物的风险值，调查地块土壤中关注污染物苯的总的风险值不可接受；石油烃（C₁₀-C₄₀）土壤中风险不可接受；土壤中 1,4-二氯苯总的风险值不可接受；土壤中氯仿总的风险值不可接受；土壤中 4-氯苯胺总的风险值不可接受；土壤中镍总的风险值不可接受；结合未来规划用地性质，因此本项目土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、1,4-二氯苯、氯仿、4-氯苯胺、镍浓度范围超过了风险可接受水平，需进行土壤修复。

地下水中石油烃（C₁₀-C₄₀）无致癌风险值，非致癌风险值可接受总体风险可接受。地下水中苯致癌风险可接受，非致癌风险可接受，地下水中 1,2,4-三氯苯致癌风险值无法计算，非致癌风险可接受，地下水的风险值可接受，地下水中氟化物致癌风险值无法计算，非致癌风险可接受，地下水的风险值可接受，不需进行修复。

第九章 修复范围及环境管理范围

根据风险评估中涉及的未来规划建设情景，对应的修复或管控思路如下：

对土壤中、苯、氯仿、1,4-二氯苯、4-氯苯胺、镍和石油烃（C₁₀-C₄₀）超二类筛选值污染区域土壤进行修复，对地下水及土壤中有镍、铜、汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯，1,4-二氯苯、4-氯苯胺、氯仿、苯并[a]芘、甲醛、邻苯二甲酸二（2-二乙基己基）酯超一类不超二类筛选值污染区域进行环境管理。

9.1.修复目标值

9.1.1.修复目标值的选取原则

根据《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》穗环办[2018]173号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。

9.2.修复范围

9.2.1.修复范围划定原则

根据《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》（穗环办[2018]173号）的要求及调查地块实际情况，为准确计算修复工作量，方便修复施工，修复范围应该分区、分层、分污染物进行划定，其中修复范围确定的原则如下：

水平方向上，本项目再水平方向上优先采用未超修复目标值点位连线法确定修复面积，局部控制点位结合差值法采用垂直于红线的垂足点作为边界拐点。

垂直方向上，以调查地块去除表层混凝土后作为计算的起始地面，修复深度的上下层均划定至无污染深度为边界划定修复范围。挥发性有机污染物采用不超标点划分深度，重金属和半挥发性有机物采用代表段划分修复层。详细划分原则距离如下图。

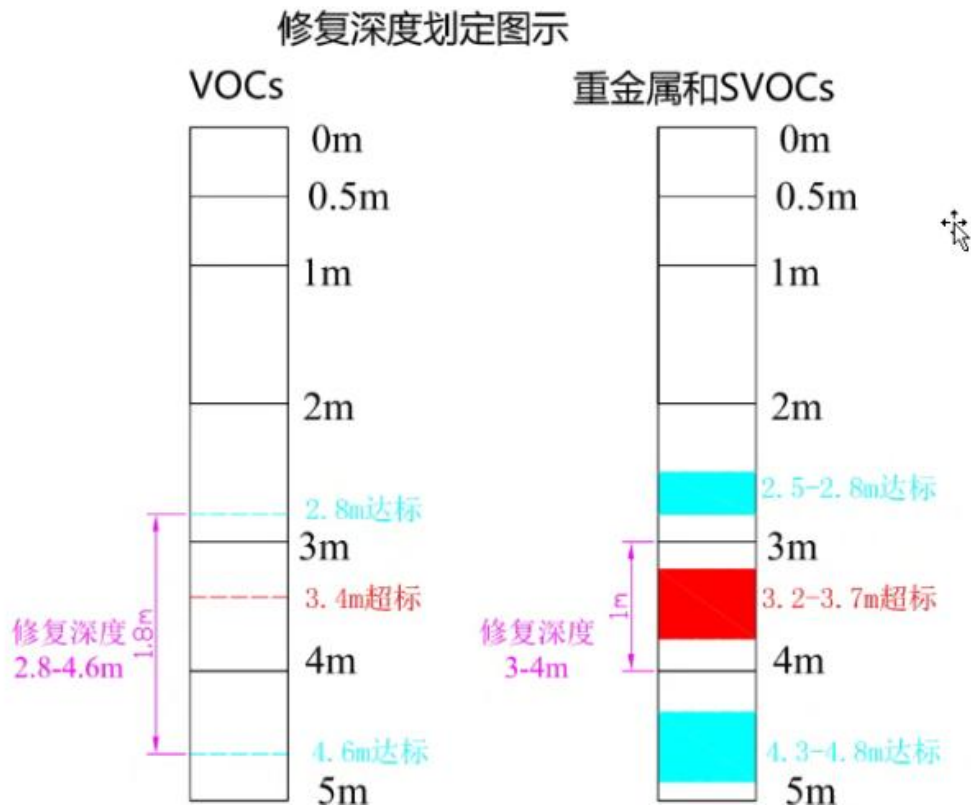


图 9.2-1 修复深度划定图示

本项目根据初步调查和详细调查的采样布点及采样深度精细划分修复层。

9.2.2.土壤超二类筛选值需修复情况汇总

通过初步采样和详细采样对场地内土壤进行调查检测结果分析，地块内土壤需修复点位共 35 个（S28、S50、S53/2XS02、S59、S60/2XS04、S61、S66/S66-1、S69/2XS08、S72/S72-1、S73、S76、S83、S86、S87、S92、S28-4、S28-5、S28-8、S50-3、S76-4、S76-6、X4、X8、X10、X16、X18、X23、X25、X29、X44、X48、X49、X57、2XS24、XDN03-4），超筛污染因子为石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿或 1,4-二氯苯共 6 种。需修复情况投影面积情况见表 9.2-1、总修复土方量情况见表 9.2-2，超二类筛选值需修复情况范围拐点坐标见表 9.2-3。

由详细调查报告结果了解，调查地块内总的修复及管控投影面积为 19583.6 平方米，总修复土方量 43691.3m³。

9.3.调查地块需环境管理范围

9.3.1.土壤超一类不超二类筛选值需环境管理范围

通过初步采样和详细采样调查检测结果分析，调查地块内含超一类用地筛选值但不超二类用地筛选值土层的土壤点位共 66 个，污染因子有镍、铜、汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯，1,4-二氯苯、4-氯苯胺、氯仿、苯并[a]芘、甲醛、邻苯二甲酸二（2-二乙基己基）酯。

调查地块土壤含超一类用地筛选值但不超二类用地筛选值土层点位统计见表 9.3-1，

表 9.3-1 土壤超一类不超二类筛选值环境管理情况统计表

检测指标（mg/kg）	点位
石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	S15、S21、S31、S53、S60、S62、S66/S66-1、S67/2XS07、S68、S69、S70、S71、S72/S72-1、S74、S76、S77、S86/2XS16、S87/2XS17、S88、S92/2XS18、S28-3、X1、X2、X4、X5、X7、X11、X12、X19、X20、X22、X23、X26、X30、X46、X51、X52、X55、2BS06、2XS30、2XS33、X64
苯	X26、X29、X57
1, 4-二氯苯	S59
4-氯苯胺	S50-3
镍	S22、S27、S28、S33、S47、S48、S28-1、S28-4、S28-5、S28-6、S28-7、S28-8、2BS07、2XS27
氯仿	S76、S76-4、S76-6
甲醛	S43、S51
苯并[a]芘	S31、S54、S56
铜	S27、S28
汞	S27、S72
邻苯二甲酸二（2-二乙基己基）酯	2BS06

9.3.2.若采用原位修复达到修复目标值的土壤需要作环境管理

基于建设开发规划情况，调查地块的修复目标值为二类用地筛选值，若后续修复过程采用原位修复，则需对地块内已完成修复但存在超一类不超二类筛选值的土壤进行环境管理。在未来建设过程中，该部分土壤不能运至严于建设用地二类用地性质区域。

9.3.3.地下水需环境管理范围

本风险评估地块中超《地下水质量标准》（GB/T14848）IV类标准的地下水污染物为苯及砷，超基于国家推荐参数在全暴露途径下用 HJ25.3 公式推导出风险控制值的为石油烃（C₁₀-C₄₀），在后续地块修复实施和地块再开发利用过程中，地下水不得作为饮用水功能，不用作日用水、游泳水等功能，切实切断饮用暴露途径和皮肤接触暴露途径。根据计算结果苯的致癌风险为 6.66E-08 小于 1×10^{-6} ，非致癌风险为 2.64E-03 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行管控和修复；地下水中总石油烃（C₁₀-C₄₀）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 1.40E-02 小于 1，地下水风险可接受；地下水中 1,2,4-三氯苯非致癌风险为 2.12E-04 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

在后期土壤修复及施工建设中，需重点监测深挖基坑产生的地下水中的氟化物、砷、苯、1,2,4-三氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀），确保处理达到受纳水体标准方可排放。根据广州市规划和自然资源局组织编写的《广州国际金融城东区（AT0914、AT1018 规划管理单元）城市设计优化及控制性详细规划》了解，本地块规划单元建筑设计要求建筑控高 300 米，建筑高度为建筑最高点的高度（含构架顶）；裙楼建筑高度不高于 40 米（不含装饰性构件）；根据相关规范及广州同类型区域建筑施工，该区域规划单元在建设过程中应设计相应的止水帷幕,该层高建筑相应的地下开挖基础至少大于 25m,永久止水帷幕深度至少 30m。则在后期土壤修复及施工建设中，整个调查地块需环境管理，需重点监测深挖基坑产生的地下水中的氟化物、砷、苯、1,2,4-三氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀），确保处理达到受纳水体标准方可排放。

9.3.4.地下水治理建议

鉴于地块地下水污染较为严重，同时对地块地下水异味及颜色进行了专项研究，由于地块调查存在一定的不确定性，建议对于地块内地下水存在严重异味和颜色区域进行环境治理。

通过现场踏勘、《广州浪奇化工厂地块二的特征污染物识别技术服务项目研究报告》及后续验证性补充监测结果，2XGW01 深浅井、2XGW02 深浅井、GW09 和 2BGW09 这几个水井颜色最深，根据初步调查和详细调查，这几个水井的超筛指标也最多，而且是土壤污染最严重的区域，考虑到该项目的特点和调查工作的不确定性，应对存在有明显颜色和异味的地下水进行治理，治理范围采用周边没有明显颜色和异味的水井为边界。

由于 2XGW01 深浅井、2XGW02 深浅井、GW08 和 2BGW08、GW09 和 2BGW09 所在区域地下水存在严重的颜色和异味，后续在土壤修复的过程中需要对有明显颜色和异味范围的地下水进行治理，由于含水层底板深度的不一致性，根据粉质粘土揭露深度等因素地下水治理深度约为 7-11.3m。具体治理深度可依据治理阶段获得的含水层揭露深度确定，但原则上不宜小于上述深度，治理面积约 25361.86 m²。

第十章 修复及环境管理建议

10.1.环境管理建议

10.1.1.污染土壤环境管理建议

基于建设开发规划，对本地块存在超一类不超二类筛选值的污染土壤直接进行环境管理。在未来建设过程中，该部分土壤不能运至严于建设用地二类用地性质区域。

10.1.2.地下水环境管理建议

1、本风险评估地块中超《地下水质量标准》（GB/T14848）IV类标准的地下水污染物为氟化物、苯及砷，超基于国家推荐参数在全暴露途径下用 HJ25.3 公式推导出风险控制值的为 1,2,4-三氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀），在后续地块修复实施和地块再开发利用过程中，地下水不得作为饮用水功能，不用作日用水、游泳水等功能，切实切断饮用暴露途径和皮肤接触暴露途径。

2、根据本报告提供的地块地层结构和水文地质特征，本项目含水层以砂层为主，且地质多为弱透水层，考虑地块一存在污染，建议本地块开展土壤修复时，对整个地块红线边界采取隔水措施。

根据广州市规划和自然资源局组织编制的《广州国际金融城东区（AT0914、AT1018 规划管理单元）城市设计优化及控制性详细规划》，本地块规划单元建筑控高 300m。根据相关规范及广州同类型区域建筑施工，该区域规划单元在建设过程中需设计止水帷幕，该层高建筑相应的地下开挖基础至少 25m，永久止水帷幕深度至少 30m。

针对后续地块地下水对周边地下水质量调查分析结果，制定相应的环境管理方案，采取相应的管控措施。同时，根据后期污染土壤管控措施以及建设开发工程对地块地下水补给、迁移和排泄过程的影响，并结合更新后的地下水流场，制定地下水污染扩散的管控方案。

3、在后期土壤修复及施工建设中，需重点监测深挖基坑产生的地下水中的 LAS、氟化物、苯、砷、1,2,4-三氯苯及石油烃（C₁₀-C₄₀），确保处理达到受纳水体标准方可排放。

第十一章 结论与建议

11.1.结论

(1)土壤暴露情景及受体分析:

根据《广州国际金融城东区规划信息》文件中《金融城东区控制性详细规划通告附图》显示本风险评估地块未来用地规划显示该地块未来用地规划为商业用地（B1）、商务用地（B2）、公园绿地（G1）、防护绿地（G2）和水域（E1），拟建设广州国际金融城，其中地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。对于致癌效应和非致癌效应。考虑人群的终身暴露危害，根据成人期的暴露来评估污染物的终身致癌风险和非致癌风险；该用地情景下敏感人群主要是地块的商户、工作人员、客人等成人。

(2)暴露途径:

土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯暴露途径主要是经口摄入土壤，皮肤接触土壤吸入土壤颗粒物，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物。

地下水的暴露途径主要为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。

(3)风险值表征:

1、按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算关注污染物的风险值，调查地块土壤中关注污染物（通过毒性分析结论以及参数和暴露途径分析本地块识别的污染物硫化物、阴离子表面活性剂（LAS）无需计算其风险值，主要关注的可计算风险值的土壤污染物为苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯。

苯的致癌风险为 1.25E-05，风险不可接受；非致癌风险为 4.97E-01 小于 1，风险可接受；土壤中苯总的风险值不可接受；

石油烃（C₁₀-C₄₀）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 19.4 大于 1，土壤中风险不可接受；

4-氯苯胺的致癌风险为 $7.27E-05$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $5.56E-01$ 小于 1，风险可接受；土壤中 4-氯苯胺总的风险值不可接受；

镍的致癌风险为 $3.25E-06$ ，风险不可接受；非致癌风险为 1.09 大于 1，风险不可接受；土壤中镍总的风险值不可接受；

氯仿的致癌风险为 $7.25E-06$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $3.24E-02$ 小于 1，风险可接受；土壤中氯仿总的风险值不可接受；

1,4-二氯苯致癌风险为 $1.07E-05$ ，风险不可接受；非致癌风险为 $2.92E-02$ 小于 1，风险可接受；土壤中 1,4-二氯苯总的风险值不可接受；

结合未来规划用地性质，因此本项目土壤中石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯超过了风险可接受水平，需进行土壤修复或管控。

2、地下水

按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算关注污染物的风险值，调查地块地下水中关注污染物为苯、砷、氟化物、石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、1,2,4-三氯苯。

苯的致癌风险为 $6.66E-08$ 小于 1×10^{-6} ，非致癌风险为 $2.64E-03$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）致癌风险值无法计算，非致癌风险值为 $1.40E-02$ 小于 1，地下水风险可接受，不需进行修复；

地下水中 1,2,4-三氯苯致癌风险值无法计算，非致癌风险为 $2.12E-04$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

地下水中氟化物致癌风险值无法计算，非致癌风险为 $2.35E-03$ 小于 1，地下水的风险值可接受，不需进行修复；

地下水中砷无暴露途径，无需计算其风险值。

综上所述，结合未来规划用地性质，本项目地下水中石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、苯、氟化物、1,2,4-三氯苯风险可接受，不需进行地下水修复。

(4) 风险控制值：

考虑和分析方法的一致性，因此本项目关注污染物石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）（征求意见稿）》编制说明（2018.1）文件，采用芳香类（ $C_{10}-C_{16}$ ）段的毒性参数计算评估其在调查地块内的风险。

关注污染物石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯的毒性参数采用 HJ25.3 推荐的相关参数计算其在调查地块内的风险表征，按照 HJ25.3 中推荐的相关模型及参数计算出土壤中石油烃的风险控制值为 4364.885mg/kg，苯为 6.000 mg/kg，4-氯苯胺为 8.542mg/kg、镍为 672.303mg/kg、氯仿为 1.246mg/kg、1,4-二氯苯为 36.268mg/kg。

(5) 修复目标值及范围估算：

根据修复目标值选取原则石油烃（C₁₀-C₄₀）选第二类用地筛选值 4500mg/kg 作为修复目标值，4-氯苯胺选取 8.542mg/kg 作为修复目标值，镍选取 900mg/kg 作为修复目标值，苯、氯仿、1,4-二氯苯应该选风险控制值作为修复目标值，结合本风险评估地块在未来规划，可能存在地下室建设，考虑到后期开发过程管控土壤存在扰动、开挖、运输等风险，经和业主商量讨论，本地块污染物均选取筛选值作为修复目标值。调查地块内总的修复及管控投影面积为 19583.6m²，总修复土方量为 43691.3m³。

(6) 地下水治理范围估算：

鉴于地块地下水污染较为严重，同时对地块地下水异味及颜色进行了专项研究，由于地块调查存在一定的不确定性，建议对于地块内地下水存在严重异味和颜色区域进行环境治理。

通过现场踏勘、《广州浪奇化工厂地块二的特征污染物识别技术服务项目研究报告》及后续验证性补充监测结果，2XGW01 深浅井、2XGW02 深浅井、GW09 和 2BGW09 这几个水井颜色最深，根据初步调查和详细调查，这几个水井的超筛指标也最多，而且是土壤污染最严重的区域，考虑到该项目的特点和调查工作的不确定性，应对存在有明显颜色和异味的地下水进行治理，治理范围采用周边没有明显颜色和异味的水井为边界，地下水治理范围见图 9.3-12。

由于 2XGW01 深浅井、2XGW02 深浅井、GW08 和 2BGW08、GW09 和 2BGW09 所在区域地下水存在严重的颜色和异味，后续在土壤修复的过程中需要对有明显颜色和异味范围的地下水进行治理，由于含水层底板深度的不一致性，根据粉质粘土揭露深度等因素地下水治理深度约为 7-11.3m。具体治理深度可依据治理阶段获得的含水层揭露深度确定，但原则上不宜小于上述深度，治理面积约 25361.86 m²。

11.2.报告不确定性分析

考虑目前没有一项调查能够彻底明确一个地块的全部潜在污染，以及由于主客观原因，风险评价过程中不可避免的存在诸多不确定性。充分分析风险评价各个阶段可能的不确定性因素，有利于科学认识和对待风险评价结果的相对性，从而制定行之有效地污染防治对策。因此广州华浩能源环保集团股份有限公司对本次出具的风险评估报告进行如下不确定分析。

(1) 污染物的自然衰减：在调查完成后，地块土壤及地下水中部分污染物浓度有可能发生持续自然衰减。人体健康风险评估针对的是人体长期微量自环境中摄入化学品产生的危害，以风险的形式进行表征。进行风险评估是以尽可能保守的思路，对人体在整个生命周期中可能的暴露情景、暴露途径及产生的暴露量进行评估，因此对所评估的土壤及地下水中污染物在所评估的人体整个暴露周期期间的自然衰减并未进行考虑。由此可能会过高估计对人体健康产生的风险，但不至于遗漏或忽略对人体可能产生的危害。

(2) 模型参数：风险评估阶段，受目前流行病学、动物实验学等研究水平的影响，参考剂量仍然采用呼吸进入肺、表皮接触和饮食进入胃肠等人体组织可能吸收化学物质的数量表示，而不是进入人体体液参与新陈代谢的化学物数量。本地块关注污染物部分毒性参数暂无参考值，增加了其人体健康风险评估的不确定性。

(3) 在对污染区域进行挖掘时，污染土壤暴露在空气中可能会散发恶臭和异味对人体嗅觉器官产生刺激，带来不适感应。施工期间异味影响目前缺乏有效的人体健康风险评估模型，无法开展风险评估。建议后续地块修复过程挖掘土壤时，如果出现异味较重现象，则停止挖掘作业，对周围空气进行除臭。同时，用雨布及时遮盖临时堆场的土堆，阻碍异味向环境空气的散逸。

(4) 复合污染：根据调查结果，地块内的土壤和地下水中存在复合污染，人体健康风险评估，主要考虑单一污染物各暴露途径下对人体的致癌和非致癌风险，未考虑单一样品的多个污染物的综合风险，且对所评估的土壤及地下水中复合污染物在所评

估期间的协同或拮抗作用未进行考虑，因此，会对人体健康风险评估产生一定的不确定性。

11.3.建议

1、土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、4-氯苯胺、镍、氯仿、1,4-二氯苯需要修复，土地使用权人应当开展治理与修复或实施以安全利用为目的的环境管理，按照国家有关环境标准和技术规范，编制污染地块治理与修复工程方案或者环境管理方案。

2、加强调查地块的现场管理，在地块修复完成前禁止从事与地块土壤污染状况管理无关的其他活动。如地块长时间不实施修复，应实施地下水监测自然衰减监测。后期修复治理时，应注意防范修复时期的二次污染。

3、在地块后续开发建设过程中，土地使用权人应按照该地块风险评估报告中的建设规划进行建设，确保地块内超一类不超二类筛选值的土壤不外运至严于二类建设用地区域。

4、在后期进行修复时，需对地块内超标地下水进行环境管理，避免开挖产生的污水直排，检测超标水体应纳入污水管网或经污水处理达标后排放。

5、本地块土壤超风险区域在后期进行修复时，需同时关注污染土壤周边地下水情况，若发现地下水有受到污染，则必须采取相应的环境管理或修复措施。

6、地块历史开发利用时间较长，且地块内历史上功能区有变更，上层土壤受地块开发扰动较大，建议后期管理过程中密切关注土壤性状，发现异常情况应及时上报有关部门进行处理。

——完——