

上海市宝山区上海月杨工业园区顾村园 201704 号地块

场地环境初步调查

受上海市宝山区顾村工业公司（以下简称“顾村工业公司”）委托，苏州同和环保工程有限公司上海分公司（以下简称“苏州同和”）对该公司顾村园 201704 号地块场地展开场地环境初步调查。

现将初步调查报告公式如下。

上海市宝山区上海月杨工业园区 顾村园 201704 号地块 场地环境初步调查报告

委托单位：上海市宝山区顾村工业公司

承担单位：苏州同和环保工程有限公司上海分公司

2017 年 8 月



项目名称：上海市宝山区月杨工业园区顾村园 201704 号地块场地环境初步调查

项目委托单位：上海市宝山区顾村工业公司

项目承接单位：苏州同和环保工程有限公司上海分公司

项目负责人： 保嶽

项目组人员名单：

姓名	专业	学历	职责
保嶽	环境工程	本科	项目负责人
荆明明	水资源	硕士	现场管理、报告修改
查弋	环境工程	硕士	数据分析、报告撰写



目 录

1 摘要.....	1
2 项目概述.....	3
2.1 调查目的和原则.....	3
2.1.1 调查目的.....	3
2.1.2 调查原则.....	3
2.2 调查范围.....	4
2.3 相关法律、法规、标准、技术规范和文件.....	4
1.3.1 法律法规.....	4
1.3.2 技术规范与标准.....	5
1.3.3 评价标准.....	5
1.3.4 其他相关资料.....	5
2.4 调查内容与工作流程.....	5
2.4.1 资料收集.....	6
2.4.2 现场踏勘.....	6
2.4.3 初步采样分析工作计划.....	7
2.4.4 现场采样.....	7
2.4.5 样品检测分析.....	7
2.4.6 场地环境调查报告编制.....	8
3 场地概况.....	9
3.1 场地所在区域环境状况.....	9
3.1.1 地形地貌.....	9
3.1.2 气候.....	9
3.1.3 区域地质.....	9
3.1.4 土壤和土质.....	10
3.1.5 区域水文与水文地质.....	10
3.2 场地历史.....	11
3.3 场地现状.....	14
3.4 场地未来规划.....	15



3.5 相邻场地现状和历史.....	15
3.6 场地周围敏感目标.....	17
4 资料分析.....	18
4.1 政府和权威机构资料收集与分析.....	18
4.2 场地资料收集和分析.....	18
4.3 其他资料收集和分析.....	18
5 现场踏勘.....	19
5.1 有毒有害物质的储存、使用和处置情况分析.....	19
5.2 各类槽罐内的物质和泄露评价.....	19
5.3 固体废弃物和危险废物的处理评价.....	19
5.4 管线、沟渠泄露评价.....	19
5.5 与污染物迁移相关的环境因素.....	19
6 可识别污染状况.....	20
6.1 场地可识别污染状况的描述.....	20
6.2 场地污染状况不确定性的描述.....	20
7 初步调查监测工作计划.....	21
7.1 初步调查监测工作方案.....	21
7.1.1 监测范围、监测介质、监测项目.....	21
7.1.2 监测布点原则与方法.....	21
7.1.3 质量控制与质量保证计划.....	24
7.1.4 安全防护计划.....	25
7.2 分析检测方案.....	25
8 现场采样和实验室分析.....	26
8.1 现场采样.....	26
8.1.1 现场取样方法.....	26
8.1.2 现场安全防护.....	30
8.2 现场记录.....	30
8.3 样品实验室分析.....	30
8.4 质量保证和质量控制.....	32



8.4.1 现场质量控制与质量保证.....	32
8.4.2 实验室质量控制与质量保证.....	33
8.4.3 质量控制结果.....	34
9 场地环境质量评价.....	36
9.1 场地环境质量评价标准.....	36
9.1.1 土壤环境质量评价标准.....	36
9.1.2 地下水环境质量评价标准.....	36
9.2 场地环境质量评估.....	36
9.2.1 土壤中污染物检出情况.....	36
9.2.2 地下水中污染物检出情况.....	39
10 苯并（a）芘人体健康风险计算.....	43
10.1 危害识别.....	45
10.2 暴露评估.....	45
10.2.1 暴露点浓度.....	46
10.2.2 暴露参数.....	46
10.2.3 暴露评估模型.....	47
10.3 毒性评估.....	49
10.4 风险表征.....	50
10.4.1 苯并（a）芘的致癌风险.....	50
10.4.2 不确定性分析.....	52
10.5 地下水苯并（a）芘的健康风险计算结论.....	53
11 结果和评价.....	54
附件 1 现场人员访谈记录.....	55
附件 2 现场调查工作照片.....	58
附件 3 检测单位资质.....	61
附件 4 苏州同和环保工程有限公司相关资质.....	65
附件 5 监测井安装记录.....	70
附件 6 实验室测试报告.....	84



1 摘要

受上海市宝山区顾村工业公司（以下简称“顾村工业公司”）委托，苏州同和环保工程有限公司上海分公司（以下简称“苏州同和”）对该公司顾村园 201704 号地块场地展开场地环境初步调查。

顾村园 201704 号地块位于上海市宝山区富联路 985 号，占地面积约 41187m²。该地块目前用地性质为工业用地，未来规划仍为工业用地。

根据《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南》，采用系统布点法结合专业判断法，将监测区域划分为 40m x 40m 的单元，共布设土壤监测点位 27 个（含 1 个背景对照点），采样深度为地面以下 3m；地下水监测井 14 个（含 1 个背景对照监测井），井深 6m。样品被送往通标标准技术服务（上海）有限公司环境测试实验室进行分析检测。土壤和地下水样品分析检测项目包括重金属十三项（银、砷、铍、镉、锑、三价铬、铜、镍、铅、硒、铊、锌、汞）、六价铬、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）、总石油烃（TPH）、有机氯农药和有机磷农药。

本项目地块环境样品的实验室分析检测结果参照下列标准进行评价：《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中的非敏感用地筛选值，《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中的 III 类标准，《地下水水质标准》（DZ/T0290-2015）中的 III 类标准，《荷兰土壤与地下水修复干预值》（DIV，2009）和《美国环保署通用筛选值》（Regional Screening Level, 2016）。

样品分析检测结果如下：

本项目土壤环境质量参照《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中的非敏感用地筛选值进行评价。送检的土壤样品中，重金属类、六价铬、TPH、VOCs 和 SVOCs、有机氯农药和有机磷农药等污染物的检出浓度均低于所引用评价标准的浓度限值。

本项目地下水的分析检测结果显示：重金属类、六价铬、TPH、有机氯农药和有机磷农药以及绝大多数 VOCs 和 SVOCs 的检出浓度均低于《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中的 III 类标准、《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）中的 III 类标准、《美国环保署通用筛选值》（Regional Screening Level, 2016）或《荷兰土壤与地下水修复干预值（DIV，2009）》的浓度限值。



地下水中苯并(a)芘在 MW-10 点位的检出浓度符合《地下水水质标准》(DZ/T 0290-2015) 中的 IV 类标准, 不能作为生活饮用水使用。针对地下水中苯并(a)芘的人体健康风险计算显示, 虽然其在 MW-10 点位的检出浓度高于筛选标准值, 但风险处于可接受水平, 无需进行详细调查或风险评估。

综上, 本项目场地各监测因子的含量均未超过所引用评价标准中规定的限值。根据《上海市场地环境调查技术规范》和《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南》, 本项目地块的环境质量符合工业用地的要求, 无需开展后续的详细调查和风险评估工作, 可以按照规划进行下一步开发利用。



2 项目概述

2.1 调查目的和原则

2.1.1 调查目的

上海宝山区月杨工业园区顾村园 201704 号地块，原为上海盛江特种耐火材料有限公司生产经营场所，现拟作为工业用地出让。根据《上海市经营性用地和工业用地全生命周期管理土壤环境保护管理办法》（沪环保防[2016]226 号）的相关要求，应对该地块开展场地环境质量调查与评估工作，掌握目前场地上的土壤和地下水环境状况，为场地的后续开发和建设提供必要的依据。

业主方顾村工业公司委托苏州同和，对上海宝山区月杨工业园区顾村园 201704 号地块进行场地环境初步调查。

本次场地环境初步调查的目的为：按照国家环保部、上海市政府、上海市环保局等单位的相关文件和规范精神，对上海宝山区月杨工业园区顾村园 201704 号地块内的土壤、地下水和其他环境介质展开调查，初步确定这些环境介质是否受到污染、以及污染物的种类和分布的范围，编制场地环境初步调查报告，明确是否需要进行后续的场地环境详细调查及健康风险评估工作，为场地的开发利用提供参考。

2.1.2 调查原则

本次场地环境初步调查依据的原则为：

（1）针对性原则

根据场地历史利用情况，分析可能受到污染的区域，开展有针对性的调查，为确定场地是否污染，是否需要治理修复提供依据。

（2）规范性原则

严格按照国家和地方颁布的相关技术导则，采用程序化和系统化的方式，规范场地环境调查的行为，保证场地环境调查过程的科学性和客观性。

（3）可操作性原则

综合考虑调查方法、时间、经费等，使调查过程切实可行。



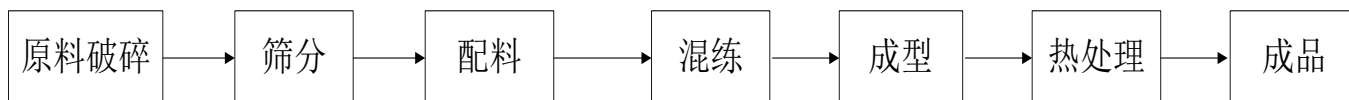
2.2 调查范围

本项目地块位于上海市宝山区富联路 985 号，原为上海盛江特种耐火材料有限公司生产经营场所。场地西侧为富联路，南侧为富联二路，东侧为富新路，北侧为一天然小河，隔河相望为上海海关第五监管区，东北角为上海任和精密机械制造有限公司。场地总面积 41187 m²。



图 2-1 项目地块地理位置图

查取相关资料，得知地块内耐火材料的主要生产工艺如下：



2.3 相关法律、法规、标准、技术规范和文件

1.3.1 法律法规

1 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；



- 2 《土壤污染防治行动计划》（国发[2016] 31 号）；
- 3 《关于加强土壤污染状况防治工作的意见》（环发[2008]24 号）；
- 4 《上海市经营性用地和工业用地全生命周期管理土壤环境保护管理办法》（沪环保防（2016）226 号）

1.3.2 技术规范与标准

- 1 《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）；
- 2 《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2014）；
- 4 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）；
- 5 《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）；
- 6 《上海市场地环境调查技术规范》；
- 7 《上海市场地环境监测技术规范》；
- 8 《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南（试行）》；

1.3.3 评价标准

- 1 《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》；
- 2 《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）；
- 3 《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）；
- 4 《荷兰土壤与地下水修复干预值（DIV，2009）》；
- 5 《美国环保署地区筛选值（Regional Screening Levels, RSL，2016）》；

1.3.4 其他相关资料

《上海星欣实业建造厂房项目岩土工程详细勘察报告》，江苏南京地质工程勘察院编制，2015 年 5 月。

2.4 调查内容与工作流程

本项目为工业用地初步调查项目，根据《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南》，场地初步调查的工作内容包括资料收集与分析、现场踏勘、初步采样监测、调查结果分析以及调查报告编制等，工作流程如下：

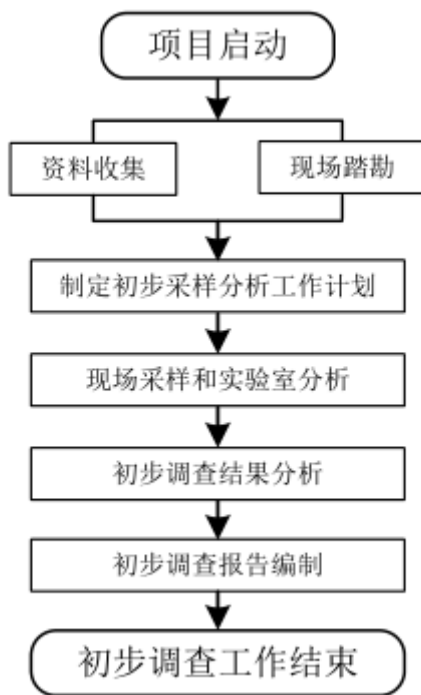


图 2-2 场地环境初步调查工作流程

2.4.1 资料收集

场地环境调查技术人员通过资料查阅、信息检索、知情人访谈、问卷调查等途径进行场地资料收集。场地资料主要包括：场地利用变迁资料、场地环境资料、场地相关记录、由政府机关和权威机构所保存和发布的环境资料、区域的自然和社会信息等。

调查人员在获取场地相关资料后，根据专业知识、经验以及现场踏勘情况识别资料和信息的有效性和正确性，筛选甄别出正确且有效的资料，为制定初步采样监测计划做准备。

2.4.2 现场踏勘

现场踏勘时，调查人员仔细观察、辨识、记录场地及其周边重要环境状况及其疑似污染痕迹，同时采用野外便携式筛查仪器进行现场快速测量，辅助识别和判断场地污染状况。

现场踏勘的主要内容包括：场地的现状与历史情况，相邻场地的现状和历史情况，周围区域的现状与历史情况，地质、水文地质、地形的描述。

踏勘结论应明确场地内可能的污染物、污染类型和污染状况，并提出场地环



境初步调查监测建议。

根据收集到的各类资料以及现场踏勘情况等分析场地内及周边区域当前和历史上是否存在污染可能性，明确场地是否需要进行第二阶段初步调查评估。

2.4.3 初步采样分析工作计划

调查人员根据前期收集的资料和信息或第一阶段场地环境调查结论制定工作计划，计划包括核查已有信息、判断污染物的可能分布、制定采样方案、健康和安、检测方案、质量保证和质量控制程序等。

2.4.4 现场采样

土壤样品：调查人员利用专用设备采集土壤样品，通过土壤气味、颜色等初步筛选土壤样品，以确保土壤样品的代表性，并使所采集的土壤样品能够用于特征污染物扩散、污染分布的界定。

地下水样品：调查人员根据相关技术规范进行地下水监测井的安装以及地下水样品采集。

土壤样品采集后应置于 4℃ 以下的低温环境（如冰箱）中保存至运送、移交到实验室，应避免运输过程中的挥发损失，具体土壤样品的保存与流转按照 HJ/T 166 执行。

地下水样品被采集后，立刻装入事先准备好的样品瓶，低温避光保存，并在规定的日期内完成分析检测。

2.4.5 样品检测分析

对于本项目所采集样品的分析检测，我单位委托纳入《工业企业及市政场地再开发利用场地环境调查评估、治理修复单位考核评估合格的单位名录》的第三方分析检测机构--通标标准技术服务（上海）有限公司（SGS）。样品送检实验室为中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认证实验室，获得计量认证证书（CMA），拥有成熟的监测分析质量保证和质量控制体系。

土壤样品的分析参考 HJ/T 166 中制定的方法进行；

地下水样品的分析参考 HJ/T 164 中规定的方法开展；

对于国内没有的相关检测因子的检测方法，参考美国环保署 USEPA 的相关文件。



2.4.6 场地环境调查报告编制

根据前期收集的资料及场地内土壤及地下水的检测结果,确定场地污染物种类、浓度水平、空间分布等。对调查过程和结果进行分析、总结和评价,并提出合理建议。



3 场地概况

3.1 场地所在区域环境状况

3.1.1 地形地貌

上海是长江三角洲冲积平原的一部分，平均高度为海拔 4m 左右。西部有天马山、薛山、凤凰山等残丘，天马山为上海陆上最高点，海拔高度 99.8m，立有石碑“佘山之巔”。海域上有大金山、小金山、浮山（乌龟山）、佘山岛、小洋山岛等岩岛。在上海北面的长江入海处，有崇明岛、长兴岛、横沙岛 3 个岛屿。崇明岛为中国第三大岛，由长江挟带下来的泥沙冲积而成，面积为 1041.21 km²，海拔 3.5 m~4.5 m。长兴岛面积 88.54 km²，横沙岛面积 55.74 km²。

宝山区位于上海市北部，分成陆地和岛屿两部分。陆上，东北濒长江，东临黄浦江，南与杨浦、虹口、静安、普陀 4 区毗邻，西与嘉定区交界，西北隅与江苏省太仓市为邻，横贯中部的蕴藻浜把它分成南北两部，吴淞大桥和蕴川路大桥、江杨路大桥、塘桥大桥横跨其上；长兴、横沙两岛自西至东，横卧于长江口南支水道，全境东西长 56.15 km，南北宽约 23.08 km，区域面积 424.56 km²。

3.1.2 气候

上海属北亚热带季风气候区，四季分明，日照充分，雨量充沛。上海气候温和湿润，春秋较短，冬夏较长。全年 70% 以上的雨量集中在 5 至 9 月的汛期，汛期有春雨、梅雨、秋雨三个雨期。

宝山区位于北纬亚热带、东亚季风盛行地区，属温带海洋性季风气候，四季分明，雨热同季，雨量充沛，日照多，无霜期长，气候温和湿润。

根据宝山气象站常年气象资料，项目区域常年降水量 1127.3 mm，常年降水天数 126.1 d，24 小时降水量 ≥ 50.0 mm 的暴雨天数 2.9 d。常年平均气温 16.0℃，常年极端最高气温 39.0℃，极端最低气温零下 -6.8℃，常年日照时数 2004.7 h，常年相对湿度 78%。项目地区主导风向为 ENE 及 NE，静风比例为 2.98%，全年平均风速 2.9 m/s，主导风速在 1.5 m/s~5.0 m/s

3.1.3 区域地质

宝山区境内地势平坦，基底岩石埋藏南浅北深，基岩面由南向北倾斜。南部



江湾、五角场一带基岩埋深约 280 m；大场为一残丘，基岩埋深仅 270 m；顾村、吴淞、宝山城厢一带约 300 m；罗店、月浦一带约 340~350 m；长兴、横沙两岛一般为 300~310 m，长兴岛凤凰镇以西可深达 400 m。基底广布侏罗系上统寿昌组地层，岩性由紫红色、青灰色、灰白色凝灰岩、凝灰质砂岩及泥岩、粉砂岩、中粗砂岩与砾岩组成。在广布的侏罗系上统地层中，罗店、大场、江湾一带残存着古生代地层，据地质部门钻探资料表明，为寒武系中下统地层。

3.1.4 土壤和土质

区境陆上部分为一广阔的冲积平原，按“急砂慢淤”水力分选规律，本区东北部靠近长江地区，沉积时水流速度快，沉积物颗粒粗，延伸至西南部，流速逐步减慢，沉积物颗粒变细，故土壤依距离长江河床远近而变化，依次为砂泥、夹砂泥、黄潮泥及沟干泥。另因江、湖交互沉积作用，形成不同的土体构形，使局部地区内可分布多种土壤个体类型。两个沙岛土壤的地域分布呈现北砂南黄的特点，即北部以砂泥、砂夹黄为主，南部以黄夹砂、黄泥为主。

本区耕层土壤质地比较均一，大部分为轻壤土和中壤土，轻壤占 52.24%，中壤占 41.04%，少量为砂壤土及重壤土，分别占 3.73%和 2.99%，物理性砂粒含量平均达到 68.75 ± 7.16%，粗粉砂含量平均为 67.96%，粘粒含量低，平均为 12.51 ± 3.93%，这样高的粉砂含量，对形成良好的结构和供肥性能不利，但对土壤的淀浆板结有一定促进作用。土壤质地的垂直分布亦相差不大，从地区分布来分，陆上东半境沙性较重，土质疏松易于翻耕，空气、水分畅通，但肥料吸收及保固能力较差；西半部粘性增加，土质较为密实，凝集力强，肥料吸收力、保固能力较好。

3.1.5 区域水文与水文地质

由于区域濒临长江，上海地区更新世时期的五期河流相堆积在本区发育良好，构成了五个承压含水层。主要岩性为中、粗砂及砾石夹粉细砂层。第五承压含水层埋藏在 250m 以下。第四含水层在长兴、横沙都不甚发育，而在陆地部分地区，罗店、杨行、吴淞位于古长江主流线上，大场属边缘地区，该层顶板埋深一般为 170~180m，中心部位可达 240m，厚约 70m，是地下水主要开采层。第二、三层埋深 60~160m，有一定的开采价值。第一层埋深 30~45m，一般无开采价值。



在地质年代上，第一、二含水层属晚更新统，第三、四、五含水层属中下更新统。

与含水层相向的隔水层，由以湖相堆积层为主的粘性土和粉性土等组成。

晚更新统末期上海地区形成的湖沼相暗绿色硬土层，在本区的罗店以东至月浦、宝山、吴淞一带的沿江地区，由于江水的冲刷与切割而该层缺失，大场至罗店一带该层埋藏深度小于 20m，其他地区一般约 20~30m，五角场一带 30m 内不见此层。

3.2 场地历史

通过资料收集、现场踏勘和人员访谈，得知该地块历史上为农田和宅基地。1993 年，上海盛江特种耐火材料有限公司在此建厂；至 2002 年时，地块上建有一座办公楼和数座车间；2002 年至 2004 年，地块中部新建了三座大型车间；2004 年至 2009 年，厂区内建筑未发生明显变化；2009 年，地块内东侧新建了一座库房；之后，厂区内建筑基本保持不变。

场地变化情况详见图 3-1。









图 3-1 地块历史卫星图

3.3 场地现状

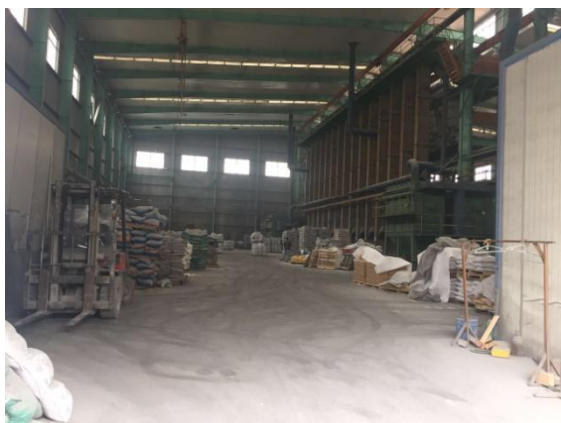
目前，车间内部分生产设备已经搬离。部分厂房出租，主要作为仓库使用；主要储存物品为包装完好的工业成品。室外地面绝大部分为混凝土地坪，车间和办公楼周围有少量绿化。



场地北部路面



场地北部车间



生产车间



西北部路面

图 3-2 场地现状图

3.4 场地未来规划

根据顾村工业园区的相关规划，该场地未来仍作为工业用地使用。

3.5 相邻场地现状和历史

场地北侧为上海海关第五监管区。该监管区 2002 年建成，至今未发生明显变化。

场地西侧、富联路对面的区域，历史上均为农田和荒地，2002 年开始为上海航空发动机制造有限公司所在地。

场地南侧历史上也是农田，2002 年开始被用作中国机器人设计应用中心。

场地东侧历史上均为荒地，2002 年在荒地上修建了道路（富新路）；富新路对面目前为埃博普感应系统（上海公司）、义科自动化（上海）公司和上海一葛电气公司等共同使用。

上述企业主营业务情况见表 3-1。



图 3-3 相邻场地示意图

表 3-1 相邻场地企业业务情况

序号	企业名称	主营业务
1	上海海关第五监管区	分拨进口仓库，存储货物。
2	上海航空发动机制造有限公司	生产冲压零件及焊接零部件总成件
3	中国机器人设计应用中心	机器人设计与研发，以及机器人相关展会策划与活动
4	埃博普感应系统（上海公司）	中频感应电炉的生产
5	义科自动化（上海）公司	为化妆、医药和电子产品等领域提供自动化生产线，涉及机械与电气系统的设计与制造
6	上海一葛电气公司	生产广告机、数字标牌、电子阅报栏落地触屏一体机



3.6 场地周围敏感目标

该地块位于上海市宝山区富联路与富联二路交叉口，地处顾村工业园中。周围基本都是工业地块。距离最近的敏感目标为东北方向约 800m 的锦苑小区和西南约 750 的铁建青秀城。



图 3-4 场地周围敏感目标



4 资料分析

4.1 政府和权威机构资料收集与分析

本次初步调查未收集到与该场地相关的政府和权威机构发布的资料

4.2 场地资料收集和分析

本次初步调查收集到的资料有：

- (1) 本项目地块及周边地块用地性质变化的基本情况；
- (2) 本项目地块未来规划情况；
- (3) 场地所在区域地层分布情况。

资料显示，本场地历史上为农田，1993 年开始作为工业用地使用，未来仍规划为工业用地。搜集到的相邻地块的地层资料显示，本区域的地层以粉质粘土和砂质黏土为主（表 4-1）；其中，浅层粉质粘土层（埋深深度为 2.10-2.70 m）及其下层粉质粘土层（埋深深度为 2.90-5.30 m）受污染的可能性较高。为调查本项目地块浅层潜水的环境质量状况，此次调查地下水监测井的深度初步设为地表下 6.0 m。

表 4-1 本项目所在区域地层分布状况

土层	层厚（m）	颜色	湿度	土层描述
素填土	0.90-1.50	灰黄		主要成分为粘性土，含少量植物根茎和碎石子
粉质粘土	2.10-2.70	褐黄	湿	含氧化铁锈斑及铁锰质结核，局部夹薄层粉性土
砂质粉土	3.20-3.90	灰	饱和	含云母、夹薄层粘性土，土质不均匀，偶见贝壳碎屑
淤泥质粘土	10.90-12.60	灰	饱和	含云母、有机质，局部夹贝壳碎屑
粉质粘土	2.90-5.30	暗绿	湿	含氧化铁斑点，偶夹钙质结核和薄层粉土
砂质粉土	5.30-7.40	灰	饱和	含云母，夹薄层状粘性土，土质不均匀
粉质粘土	未钻穿	灰	很湿	含云母，腐植物，夹薄层粉性土

4.3 其他资料收集和分析

本次初步调查未收集到其他资料。



5 现场踏勘

为进一步了解场地情况、核实前期收集资料的准确性、观察场地污染痕迹，并最终科学制定监测方案，我单位组织调查人员，于 2017 年 2 月前往该场地进行了实地踏勘。

5.1 有毒有害物质的储存、使用和处置情况分析

场地原使用方为上海盛江特种耐火材料有限公司，其主要产品为各种不定形耐火材料和镁碳系耐火砖，使用的主要原材料为粘土和含硅、铝等元素的粗料；不使用任何有毒有害物质。

在该公司停产后，部分厂房被外租。租赁方主要从事简单机加工、切割、焊接、人工拼接组装等作业，工艺简单，原材料也不含任何有毒有害物质。

5.2 各类槽罐内的物质和泄露评价

地块内未观测到各类槽罐，废弃物质发生泄露的可能性不大。

5.3 固体废弃物和危险废物的处理评价

该地块的日常经营活动中不产生危险废物，配备的内部员工食堂产生一定的餐余垃圾，经收集后运往城市生活垃圾中转站。综合来看，本场地不产生危险废物。

5.4 管线、沟渠泄露评价

该场地日常办公活动中产生少量的生活污水。生活污水接入市政污水管网，发生泄露及泄露产生污染的可能性较小。生产活动均使用固体原材料，不涉及使用管线运输原辅材料，故不存在通过管线渠道泄露污染物的可能性。

5.5 与污染物迁移相关的环境因素

周边企业生产过程中产生的污染物质可能随降雨入渗进入地下水，随地下水迁移扩散至本项目场地。



6 可识别污染状况

6.1 场地可识别污染状况的描述

通过对项目地块相关资料收集与分析、现场踏勘及人员访谈得知，该地块的历史使用者（上海盛江特种耐火材料有限公司）和现使用者（各小型租赁方）的经营活动均不使用或产生有毒有害污染物。

6.2 场地污染状况不确定性的描述

地层性质的不确定性导致污染物迁移扩散的不确定性。地层的非均质性、各向异性，以及地层中存在“优势通道”，极易导致污染物在各个方向上的迁移扩散范围存在不确定性。



7 初步调查监测工作计划

根据收集到的资料及现场踏勘情况，在项目现场布设监测点，采集样品并分析检测，以便初步判断评估场地环境质量状况。

7.1 初步调查监测工作方案

7.1.1 监测范围、监测介质、监测项目

监测范围是指场地环境调查所确定的污染场地的边界范围；如果场地环境调查认为场地内的污染物存在迁移扩散到场地外界的情况，监测范围还应包括场地周边的疑似污染区域。通过相关资料的收集与分析，现场踏勘及人员访谈等方式，可判断本地块经营过程中产生污染的可能性较低，污染物向场地外界迁移的可能性亦较低，故本次调查监测的范围为该地块边界内部区域。

监测介质：土壤及地下水。

监测项目：通过资料分析和现场踏勘，较难确定特征污染物。为了使本次监测工作更加全面，确定土壤、地下水样品的具体分析指标为：pH、重金属（银、砷、铍、镉、三价铬、铜、镍、铅、锑、硒、铊、锌、汞）、六价铬、总石油烃 TPH、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）、有机磷农药以及有机氯农药等。

7.1.2 监测布点原则与方法

本项目地块目前为工业用地性质，未来仍规划为工业用地使用，属工业用地流转。

布点原则：主要参考《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南》和《上海市场地环境调查技术规范》。采样点的布设包括水平点位、垂直点位和对照样点位的布设。布点方法有系统布点法、分区布点法、专业判断布点法等。

针对本地块未来用于工业用地流转的情况，采用系统布点法和专业判断布点法结合的布点方法，将监测区域划分为面积不大于 40m x 40m 的单元，采样点位位于每个单元格中心部位；当中心部位难以达到，或根据前期收集到的场地信息判



断可能有疑似污染区域时，可作适当偏移。整个场地至少 50% 的监测点位要分三层取样，分别采集表层土壤、深层土壤和饱和带土壤。对于污染物不易发生垂向迁移或饱和带土壤污染可能性较小的监测点位，可分两层采样，分别采集表层土壤和深层土壤。

本地块面积为 41187m^2 。根据上述布点原则，在监测范围内布设 26 个土壤监测点位，详见下图。土壤采样深度为地面以下 2.0m。采集深度为 0.2-0.5m（因地表土杂质较多，故排除地面以下 0-0.2m 的土样、从地面以下 0.2m 开始取样）、0.8-1.0m 和 1.8m-2.0m 的土样。其中，奇数编号的点位送检 0.2-0.5m、0.8-1.0m、1.8m-2.0m 的土壤样品，对照监测点位和偶数编号的点位送检 0.2-0.5m 和 1.8m-2.0m 的土壤样品。



图 7-1 土壤、地下水监测点位图

对于地下水监测点位的选取，根据《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南》，一般采用专业判断法确定地下水初步调查点位，以掌握地下水环境状况和地下水流向信息等。具体监测点位设置可根据需要和场地情况进行



调整。

场地内如有浅层地下水，应在疑似污染区域（RECs 点）布点；如果场地内没有地下水疑似污染区，则在场内地下水径流的下游且未受其他源污染的区域布点。如果地下水流向未知，需结合相关污染信息间隔一定距离按三角形或四边形至少布置 3-4 个点位监测判断地下水流向。地下水监测点位总数不少于土壤监测点位总数的 50%。

监测井的深度应根据监测目的、所处含水层类型及其埋深和相对厚度来确定，至少应在浅层地下水埋深以下 2m，但不可穿透浅层地下水底板。若场地存在疑似 DNAPL 污染，则需根据场地情况增加监测井深度。

一般应在场地内地下水流向上游一定的距离设置对照监测井。

本次初步调查主要探明浅层地下水的污染状况。根据上述布点原则，在场内监测范围内共布设 13 口地下水监测井，使其尽可能在监测范围内均匀分布、同时又能疑似污染点的地下水质量状况。

对照点选取：一般在场外区域设置土壤和地下水对照监测点位。对照监测点位应尽量选取在一段时期内未受外界扰动的地点。其土样采集深度应尽可能与监测范围内土壤采集深度相同；如有必要，也应采集深层土壤样品或饱和带土壤样品。本项目场地处于工业园区内，土壤或多或少均会受到生产活动的扰动。故最终将对照监测点位选取在了位于场地东侧、距离场地不到 1 公里的地点。该地点位于跃进路边的林地中，受人工扰动相对减少的区域，受污染可能性极小，可较准确放映区域土壤与地下水的环境质量状况。对照点位采取两个土壤样品（0.2-0.5m 和 1.8m-2.0m）和一个地下水样品。



图 7-2 对照监测点位位置

7.1.3 质量控制与质量保证计划

本项目主要从以下几个方面做好工作质量控制：

1 初步环境调查阶段采样点布设满足《上海市场地环境调查技术规范》、《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南》的相关规定，布点既照顾场地代表性，又要有针对性；

2 在受污染可能性最大的区域适当加深土壤样品的采样深度；

3 样品分析检测项目需具有针对性和全面性，当无法获得原生产企业化学品存放、使用信息时，采取保守原则设置样品分析检测项目；

4 严格按照《场地环境调查技术导则（HJ 25.1-2014）》、《上海市场地环境调查技术规范》等相关规定，初步环境调查计划中规定平行样品、空白样品及运输样的设置要求，质控样品的分析数据可反映从采样到样品运输、储存和数据分析等不同阶段的数据质量。

5 初步环境调查方案对采样设备清洗提出明确要求，避免交叉污染。即钻机采样过程中，在第一个钻孔开钻前要进行设备清洗；进行连续多次钻孔的钻探设备应进行清洗；同一钻机在不同深度采样时，应对钻探设备、取样装置进行清洗；与土壤接触的其他采样工具重复利用时也应清洗。一般情况下可用清水清理，也可用待测土样或清洁土壤进行清洗；必要或特殊情况下，可采用无磷去垢溶液、



高压自来水、去离子水（蒸馏水）或 10%硝酸进行清洗。

7.1.4 安全防护计划

在场地调查之前，将制定场地健康与安全计划，旨在保护参与该项目的人员，以避免其在场地调查活动中受到与场地有关的健康与安全危害。安全防护计划主要包括以下几个方面：

着装要求：现场参与人员须穿着统一的长须长裤制服，佩戴手套，防止与采集的样品直接接触；佩戴帽子，防止阳光灼伤面部。

操作要求：现场操作人员进场之前接收系统的操作及安全知识培训。

现场要求：采样调查过程中，严禁与本项目无关人员进入正在执行采样操作的区域。

7.2 分析检测方案

对样品的分析检测要同时考虑到污染物类型存在复杂性和不确定性。针对本项目无特征污染物的特点，我们选取了较广泛的分析检测项目：

pH、重金属（银、砷、铍、镉、三价铬、铜、镍、铅、锑、硒、铊、锌、汞）、六价铬、总石油烃 TPH、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）、有机磷农药以及有机氯农药等；



8 现场采样和实验室分析

8.1 现场采样

8.1.1 现场取样方法

本次场地环境调查，现场采样工作于 2017 年 3 月 1 日至 3 月 3 日开展。开展样品采集前需要现场确定监测点位置。使用 GPS 确定土壤监测点和地下水监测井位置。在实际取样过程中，因受现场建筑物和企业生产的影响，使得最终的取样点位置与计划监测点位置不完全吻合。记录实际监测点位置坐标如下表：

表 8-1 实际监测点位坐标

监测点编号	东经	北纬
SB-1/MW-1	121° 23' 53.15	31° 22' 19.20
SB-2	121° 23' 55.01	31° 22' 19.42
SB-3/MW-2	121° 23' 56.05	31° 22' 17.04
SB-4	121° 23' 57.77	31° 22' 19.89
SB-5/MW-3	121° 23' 58.38	31° 22' 20.37
SB-6	121° 23' 59.32	31° 22' 21.06
SB-7/MW-4	121° 24' 00.80	31° 22' 22.00
SB-8	121° 23' 58.17	31° 22' 22.41
SB-9/MW-5	121° 24' 00.97	31° 22' 21.33
SB-10/MW-6	121° 24' 00.16	31° 22' 18.82
SB-11	121° 24' 02.08	31° 22' 20.30
SB-12/MW-7	121° 24' 03.38	31° 22' 30.32
SB-14/MW-8	121° 24' 04.08	31° 22' 18.00
SB-15	121° 24' 00.50	31° 22' 17.23
SB-17	121° 23' 58.75	31° 22' 15.41
SB-18/MW-10	121° 23' 57.80	31° 22' 18.11
SB-19	121° 23' 58.82	31° 22' 18.52



SB-20/MW-11	121° 23' 59.72	31° 22' 18.32
SB-21	121° 23' 58.70	31° 22' 17.58
SB-22/MW-12	121° 23' 54.03	31° 22' 17.80
SB-23	121° 23' 55.02	31° 22' 20.20
SB-24/MW-13	121° 23' 56.63	31° 22' 16.40
SB-25	121° 23' 54.29	31° 22' 16.19
SB-26/MW-14	121° 23' 55.47	31° 22' 14.21
SB-27	121° 23' 58.05	31° 22' 15.68
SB-28	121° 23' 55.45	31° 22' 16.99

8.1.1.1 土壤样品采集

土壤样品的采集使用美国 Geoprobe 钻机进行。该钻机为进口的专业场地调查设备，目前已被广泛用于国内的土壤和地下水环境调查。该钻机配备的土壤取样系统能够连续、快速、准确地取到地表到特定深度的土壤样品，并能完好地保存样品的品质及土壤原状。该机械工作时，先用钻杆在地面上打出钻孔，再将取样套管固定在钻臂上、插入钻孔中；再将取样套管拔出地面，此时土壤样品已被套管带出地面。现场将每根套管的多余部分割去、保留约 30cm 长的含有土壤样品的部分。将这些套管的两头用管帽封闭，并在套管上标明取样点位编号、取样深度等信息，之后放入样品箱低温保存。

采得的土壤样品应尽快送往实验室分析检测。新鲜土壤样品的保存条件和保存时间如表 8-2 所示。

表 8-2 土壤样品的保存条件和保存时间表

序号	监测项目	容器	保存条件	保存时间
1	总石油烃	玻璃	4°C 低温保存	14d
2	重金属	聚乙烯	4°C 低温保存	180d



序号	监测项目	容器	保存条件	保存时间
3	挥发性有机物 VOCs	玻璃（棕色）	4 °C 低温保存	7d
4	半挥发性有机污 染物 SVOCs	玻璃（棕色）	4 °C 低温保存	7d
5	pH	聚乙烯 PE、玻璃	4 °C 低温保存	1d

8.1.1.2 地下水样品采集

地下水样品的采集包括建井、洗井和采样等步骤。

（1）建井

监测井的设置包括钻孔、下管、填砾等步骤。

现场地下水监测井的建井工作于 3 月 1 日展开。建井采用 Geoprobe 钻机钻孔建设，具体如下：

① 监测井管的材料：筛管位内径 2 英寸的带锯孔的硬质聚氯乙烯管（含氯释放量低于饮用水的标准），筛管依据 ASTM480-2 标准开 0.25mm 切缝；实管为内径 2 英寸的带锯孔的硬质聚氯乙烯管。

② 井管与周围孔壁用清洁的石英砂填充作为地下水过滤层，石英砂填至筛管顶部 0.5m 处。过滤层上方用膨润土密封。

③ 监测井顶部安装保护套，防止地表物质流入监测井内。

（2）洗井

监测井建成 24h 后，进行洗井。洗井的目的是清除监测井安装过程中进入管内的淤泥和细沙。本次洗井使用贝勒管以人工抽提的方式进行。每次抽取不小于两倍井体积的水测定电导率，每次抽取水样的电导率读数相差小于 10% 时，洗井结束；两小时内采集地下水样品。

（3）地下水样品采集

用贝勒管于地下水水面 0.5m 处采集地下水样品。采样顺序依次为：挥发性有机物、半挥发性有机物、重金属、无机物。地下水样品采集后立即装入事先准备好的样品瓶，低温避光保存。地下水样品的保存条件和保存时间见表 8-3。



表 8-3 地下水样品的保存条件和保存时间表

序号	监测项目	容器	保存条件	保存时间
1	总石油烃	玻璃	4 °C 低温保存, 装满容器	14d
2	重金属	聚乙烯	4 °C 低温保存	180d
3	挥发性有机物 VOCs	玻璃（棕色）	4 °C 低温保存, 装满容器	7d
4	半挥发性有机污染物 SVOCs	玻璃（棕色）	4 °C 低温保存, 装满容器	7d
5	pH	—	—	现场测定

（4）地下水流向图

根据设置的地下水监测井中的地下水水位，使用 Surfer 软件，采用克里金插值法，绘制出场地内地下水流向图（图 8-1）。由图看出，场地内地下水大致从西南方向流向东北方向。



图 8-1 地下水流向图



8.1.2 现场安全防护

场地调查期间，场地工作人员、来访人员以及其他人员，必须遵守安全防护计划中的条款和措施。如在调查过程中，遭遇到与调查计划不一致的现场条件，应对该计划重新进行评估，及时修正，来确定相应的活动，以及采取正确的措施，以确保场地所有相关人员的健康与安全。

8.2 现场记录

现场工程师对采样过程中的土壤进行鉴定记录，并通过颜色和气味等现场观察是否有污染及污染程度。现场采样照片见附件 2。

8.3 样品实验室分析

本项目所采集样品的分析检测委托纳入《工业企业及市政场地再开发利用场地环境调查评估、治理修复单位考核评估合格的单位名录》的第三方分析检测机构。样品送检实验室为中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认证实验室，获得计量认证证书（CMA），拥有成熟的监测分析质量保证和质量控制体系。

土壤样品的分析参考 HJ/T 166 中制定的方法进行；

地下水样品的分析参考 HJ/T 164 中规定的方法开展；

样品实验室测试方法及检出限见表 8-4。

表 8-4 土壤和地下水样品检测方法及检出限

序号	环境介质	检测项目	检测方法	检出限
1	土壤	pH	USEPA 9045D-2004	—
2		重金属	USEPA200.8-1994& USEPA7473	0.5mg/kg: 硒、砷、锌 0.1mg/kg: 三价铬、锑、铍、铜、 铅、镍、银、铊、锡 0.01mg/kg: 镉
3		VOCs	USEPA 8260C-2006	0.04mg/kg: 氯乙烯 0.5mg/kg: 1,1-二氯乙烯、二氯甲烷



序号	环境介质	检测项目	检测方法	检出限
				0.02mg/kg:1,2,3-三氯丙烷 0.1mg/kg:甲基叔丁基醚 其余指标均为 0.05mg/kg
4		SVOCs	USEPA 8270D-2007	0.5mg/kg: 五氯酚、邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯、二(2-氯异丙基)醚、苯胺 其余指标均为 0.1mg/kg
5		TPH	USEPA 8260C-2006& USEPA 8015C-2007	0.5mg/kg: C ₆ -C ₉ 15 mg/kg: C ₁₀ -C ₁₆ 20 mg/kg: C ₁₇ -C ₂₈ 20 mg/kg: C ₂₉ -C ₃₆
6		OC	USEPA 8270D-2007	0.03 mg/kg:艾氏剂 0.04mg/kg:狄氏剂 其余指标均为 0.1mg/kg
7		OP	USEPA 8270D-2007	0.5mg/kg
8		六价铬	USEPA 3060A&7196A-1996	0.5mg/kg
9		汞	GB/T 17136-1997	0.01mg/kg
10	地下水	pH	APHA 4500H+-2012	—
11		VOCs	USEPA 8260C-2006	5μg/L: 二氯甲烷、甲基叔丁基醚 其余均为 0.5μg/L
12		SVOCs	USEPA 8270D-2007	2.5μg/L: 五氯酚、邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯、二(2-氯异丙基)醚、苯胺 0.2μg/L: 茈、茈烯、茈、菲、蒽、



序号	环境介质	检测项目	检测方法	检出限
				荧蒽、芘、苯并（a）蒽、屈、二苯并（a,h）蒽 0.05μg/L: 苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、茚并（1,2,3-cd）芘、苯并（g,h,i）芘 0.01μg/L: 苯并（a）芘 其余监测指标均为 0.5μg/L
13		TPH	USEPA 8260C-2006& USEPA 8015C-2007	10μg/L: C ₆ -C ₉ 75μg/L: C ₁₀ -C ₁₆ 100μg/L: C ₁₇ -C ₂₈ 50μg/L: C ₂₉ -C ₃₆
14		OC	USEPA 8270D-2007	0.1μg/L
15		OP	USEPA 8270D-2007	0.2μg/L
16		重金属	USEPA 200.8-1994	5μg/L: 砷、锌、硒 0.1μg/L: 铍、镉、铊 0.004mg/L: 三价铬 其余监测指标为 1μg/L
17		六价铬	GB/T 5750.6-2006	0.004mg/L
18		汞	USEPA 7473-2007	0.1μg/L

8.4 质量保证和质量控制

8.4.1 现场质量控制与质量保证

（1）在样品的采集、保存、运输、交接等过程建立完整的管理程序，采样前组织操作培训，规范采样操作流程。

（2）采样过程严格按照土壤和地下水相关采样技术规范开展。采样过程中，



采样人员佩戴一次性丁晴手套，为避免不同样品之间的交叉污染，每采集 1 个样品更换 1 次手套。

(3) 采样过程中，采样人员禁止有影响采样质量的行为，如使用化妆品，在采样时、样品分装时及样品密封现场吸烟等。汽车停放在监测点(井)下风向 50 m 以外处。

(4) 样品现场密封，贴上标签。所有样品附有样品流转单，其详细记录采样名称、采样时间、分析项目等相关信息。

(5) 每批水样，选择部分监测项目加采现场平行样和现场空白样，与样品一起送实验室分析。

(6) 土壤和地下水样品在 4° C 下保存和运输，及时送至实验室，确保在样品有效期内完成分析检测。

(7) 钻机采样过程中，在第一个钻孔开钻前进行设备清洗；进行连续多次钻孔的钻探设备进行清洗；同一钻机在不同深度采样时，对钻探设备、取样装置进行清洗；与土壤接触的其他采样工具重复利用时也清洗。

(8) 采集现场质控样品：

土壤和地下水平行样——同步测试分析相应的全部检测分析项目；

现场空白样——用于评估现场环境对样品的影响

8.4.2 实验室质量控制与质量保证

本项目主要从以下方面进行实验室分析检测结果的误差控制，具体为：

1 测定平行样中的目标化学物，分析测试结果偏差。

2 对标准物质的分析：通过对标准物质的分析，由所得结果与其保证值之间的误差，了解分析的准确性。

3 测定加标回收率：在待测样品中加入一定的标准物质，测定其回收率。这是目前实验室常用而又较准确的测定方法，通过多次实验，可以发现方法或测试结果的系统误差。本项目分别测定基质加标回收率和样品加标回收率。

4 设置空白试验：以此来修正测量结果，消除实验过程中由环境、试剂因素所产生的误差。所有的目标化学物在空白样中不得检出。



8.4.3 质量控制结果

- (1) 空白试验中所有目标检测项均未检出。
- (2) 化学物质的加标回收率满足要求。
- (3) 标准物质的分析结果满足要求。
- (4) 平行样

平行样的检测结果用于计算相对分析误差百分数(RPD%), 计算公式如下:

$$RPD = \frac{|X_1 - X_2|}{(X_1 + X_2)/2} \times 100\%$$

其中: X_1 是平行原样的检测值;

X_2 是平行样的检测值。

计算出的标准偏差如表 8-6 所示。

表 8-6 平行样相对分析误差 (RPD) 计算结果

土壤				地下水			
检测项目	SB-27/2.0m	SB-27/2.0m-P	RPD,%	检测项目	MW-14	MW-14-P	RPD,%
三价铬	16.7	16.3	2.42%	C ₁₀ -C ₁₆	143	134	6.50%
砷	1.4	1.4	0.00%	C ₁₇ -C ₂₈	165	143	14.29%
铍	0.4	0.4	0.00%	萘	3.2	2.8	13.33%
镉	0.05	0.05	0.00%	芴	1	0.8	22.22%
铜	11.0	10.4	5.61%				
铅	10.1	9.9	2.00%				
镍	16.8	17.1	1.77%				
硒	1.3	1.1	16.67%				
锌	42.1	42.6	1.18%				
铬	16.7	16.3	2.42%				



以上标准偏差计算结果显示,样品与其平行样品检测结果的相对标准偏差均处于可接受范围。



9 场地环境质量评价

9.1 场地环境质量评价标准

9.1.1 土壤环境质量评价标准

本项目为工业用地流转，故土壤质量评价标准主要参考《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中的非敏感用地筛选值。

9.1.2 地下水环境质量评价标准

本项目场地地下水质量评价主要采用《地下水质量标准（GB/T 14848-93）》中的 III 类标准。该标准以人类健康基准值为依据。主要适用于集中式生活饮用水水源及工、农业用水。

对于《地下水质量标准（GB/T 14848-93）》中未规定的检测因子，则参考《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》III 类标准。该标准适用于地下水化学组分含量中等，以生活饮用水卫生标准为依据，主要适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水。

地下水中检出的有机污染物将首先参照《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 III 类标准；对于《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》中未给出限值的有机污染物将参考《荷兰土壤与地下水修复干预值（DIV，2009）》和美国环保署地区筛选值（Regional Screening Level, RSL）。

9.2 场地环境质量评估

9.2.1 土壤中污染物检出情况

本次初步调查共取得固体样品 68 个，其中土壤监测样品 65 个，土壤平行样品 1 个，土壤背景点样品 2 个。

1. 重金属检出情况

对重金属（银、砷、铍、镉、三价铬、铜、镍、铅、锑、硒、铊、锌、汞）和六价铬的检测结果显示：

所有样品均不含六价铬。

全部检出的重金属为三价铬、砷、铍、镉、铜、铅、镍、硒、锌、汞等 10



项，部分检出的重金属为锑、银和铊等 3 项；所有重金属的检出浓度均低于《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中的非敏感用地筛选值。

检出情况详见表 9-1。

表 9-1 土壤样品 pH 和无机物检出情况，单位：mg/kg

序号	检测因子	检出次数	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
1	三价铬	65	100%	11.4	317.0	36.0	22.5	10000	否
2	锑	14	22%	0.1	3.8	0.2	0.2	63	否
3	砷	65	100%	1.4	18.2	5.6	5.4	20	否
4	铍	65	100%	0.3	1.4	0.7	0.7	26	否
5	镉	65	100%	0.03	0.6	0.1	0.1	31	否
6	铜	65	100%	6.0	67.1	19.9	18.0	6303	否
7	铅	65	100%	6.1	166.0	23.9	17.6	400	否
8	镍	65	100%	9.7	38.3	20.3	20.6	244	否
9	硒	65	100%	0.9	8.2	1.6	1.5	780	否
10	银	15	23%	0.1	0.9	0.2	0.2	788	否
11	锌	65	100%	29.0	265.0	61.6	53.2	10000	否
12	铊	23	35%	0.1	0.2	0.05	0.1	1.6	否
13	汞	65	100%	0.01	1.9	0.1	0.1	11.2	否

2. 总石油烃 TPH 检出情况

TPH (C>16) 的检出率为 31%，TPH (C≤16) 的检出率为 9%；所有检出样品的最大检出浓度均低于《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中的非敏感用地筛选值；绝大多数检出位置均为表层土壤、极少数在深层土壤检出。

表 9-2 土壤样品 TPH 检出情况，单位 mg/kg

检测因子	检出次数	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
C≤16	6	9%	19	38	22	26	3833	否



检测因子	检出次数	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
C>16	20	31%	22	876	233	131	2851	否

3. 挥发性有机物（VOCs）和半挥发性有机物（SVOCs）检出情况

送检土壤样品共检测了 81 种 VOCs 和 SVOCs 项目，其中，20 种被检出，检出率 26%。检出情况详见表 9-3。在所有 20 种检出的污染物中，苯酚的检出率最高，达到 95%；其余 20 中污染物的检出率在 1%~25%之间，也都基本分布在表层土壤。所有检出污染物的浓度均低于《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中的非敏感用地筛选值。

表 9-3 土壤样品 VOCs 和 SVOCs 检出情况，单位 mg/kg

序号	检测因子	检出次数	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
1	甲苯	1	2%	0.09	0.09	0.09	0.09	5211	否
2	萘	4	6%	0.10	0.51	0.253	0.15	95	否
3	苯酚	62	95%	0.20	5.00	1.1738	1.0	10000	否
4	2-甲基萘	2	3%	0.10	0.10	0.1	0.1	380	否
5	蒽	2	3%	0.20	0.40	0.3	0.3	4693	否
6	芴	3	5%	0.10	0.30	0.167	0.1	6060	否
7	菲	14	22%	0.10	1.30	0.3571	0.2	2851	否
8	蒽	5	8%	0.10	0.40	0.2	0.2	10000	否
9	荧蒽	16	25%	0.10	1.30	0.4812	0.4	3801	否
10	芘	16	25%	0.10	1.10	0.4625	0.4	2851	否
11	苯并(a)蒽	13	20%	0.10	0.30	0.20	0.2	0.4	否
12	屈	14	22%	0.10	0.70	0.3214	0.3	204	否
13	苯并(b)荧蒽	15	23%	0.10	0.90	0.38	0.3	2.1	否
14	苯并(k)荧蒽	9	14%	0.10	0.30	0.1889	0.2	21	否
15	苯并(a)芘	12	18%	0.10	0.30	0.2	0.2	0.4	否
16	茚并(1,2,3-cd)芘	11	17%	0.10	0.20	0.2091	0.2	2.1	否



17	二苯并(a,h) 蒽	1	2%	0.10	0.10	0.1	0.1	0.4	否
18	苯并(g,h,i) 花	11	17%	0.10	0.60	0.2363	0.2	2851	否
19	邻苯二甲酸 二丁酯	2	3%	0.10	0.20	0.15	0.15	10000	否
20	咔唑	2	3%	0.10	0.10	0.10	0.10	87	否

4. 有机氯农药和有机磷农药检出情况

本部分共检测 15 种污染物，均未检出。

9.2.2 地下水中污染物检出情况

1. 重金属检出情况

对重金属各项的检测结果显示：

所有地下水样品均不含六价铬。

其余重金属中，检出了砷、铬、铜、镍、铅、镉、锌等共 7 项。砷、铜、镍、铅和锌的检出浓度均低于《地下水质量标准》（GB18484-1993）中地下水 III 类标准的限值，铬的检出浓度低于美国环保署区域筛选值 Regional Screening Levels (RSL,2016)，镉的检出浓度符合《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 V 类标准限值。

检出情况详见表 9-4。

表 9-4 地下水重金属检出情况，单位 $\mu\text{g/L}$

序号	检测因子	检出数目	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
1	砷	11	79%	6.0	40.0	13.64	10.00	50	否
2	铬	2	14%	1.0	1.0	1.0	1.00	100 (RSL)	否
3	铜	5	36%	1.0	12.0	3.80	2.00	1000	否



序号	检测因子	检出数目	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
4	镍	11	79%	1.0	9.0	2.27	1.00	50	否
5	铅	1	7%	7.0	7.0	7.0	7.00	50	否
6	镉	4	29%	1.0	38.0	12.25	5.00	5, >10* (DZT)	是
7	锌	1	7%	17.0	17.0	17.00	17.00	1000	否

注：DZT 表示数据来源于《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 III 类标准限值,*表示《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 V 类标准限值；

RSL 表示数据来源于美国环保署区域筛选值 Regional Screening Levels (RSL,2016)；

未标注的评价标准限值均来源于《地下水质量标准（GB 14848-93）》中的 III 类标准限值。

上述第一次采样中，镉在 MW-10 监测井中的最高检出浓度达到 38 μ g/L，属于《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》中的 V 类水标准。该点位位于生产车间内，但是该车间并不使用含镉原料；同时，查看相同点位 SB-18 的土壤检测数据，发现并无异常。故判断可能是由于洗井、取样过程中受到外界环境干扰造成的。据此，我方在 MW-10 井周围 20m 的范围内加密布设了 4 口地下水监测井（编号分别为 MW-A、MW-B、MW-C 和 MW-D），取这四口井和 MW-10 井共 5 个水样进行复核。复核检测结果见表 9-5。

表 9-5 地下水镉复核检测

监测井	镉检出浓度， μ g/L	评价标准， μ g/L	是否超标
MW-10	2	5*	否
MW-A	未检出		否
MW-B	3		否
MW-C	未检出		否
MW-D	未检出		否

*：表示数据来源于《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 III 类标准限值

复核检测的结果显示，MW-10 连同加密布设的 4 个监测井中水样镉的检出浓度均符合《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 III 类标准。故判断第一



次检测结果受到了外界环境的干扰、而复测结果能够反映场地的地下水环境质量真实水平。

2. TPH 检出情况

TPH ($C \leq 16$) 和 TPH ($C > 16$) 的检出率分别为 38% 和 31%。TPH ($C \leq 16$) 的最大检出浓度为 205 $\mu\text{g/L}$, TPH ($C > 16$) 的最大检出浓度为 165 $\mu\text{g/L}$ 。《地下水质量标准 (GB/T 14848-1993)》和《地下水水质标准 (DZ/T 0290-2015)》均无相应限值; 此处参考美国环保署区域筛选值 Regional Screening Levels (RSL), 对应限值为 600 $\mu\text{g/L}$ 。结果表明, TPH 均未超标。

表 9-6 地下水 TPH 检出情况, 单位 $\mu\text{g/L}$

检测因子	检出数目	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准	是否超标
$C \leq 16$	5	38%	98	205	140	134	600 (RSL)	否
$C > 16$	4	31%	128	165	142	137		

注: RSL 表示数据来源于美国环保署区域筛选值 Regional Screening Levels (RSL)

3. 挥发性有机物 (VOCs) 和半挥发性有机物 (SVOCs) 检出情况

此次初步调查的地下水样品共分析了 81 种 VOCs 和 SVOCs 项目, 其中, 检出了 9 种, 检出率 11%。每一种物质的检出情况详见表 9-7。其中, 苯并 (a) 芘的检出浓度为 0.04 $\mu\text{g/L}$, 高于《地下水水质标准 (DZ/T 0290-2015)》的 III 类标准限值 0.01 $\mu\text{g/L}$; 其余检出物的检出浓度均低于所引用评价标准的浓度限值。

表 9-7 地下水挥发性、半挥发性有机物检出情况, 单位 $\mu\text{g/L}$

序号	检测因子	检出数目	检出率	最小值	最大值	平均值	中位数	评价标准
1	苯	3	23%	0.6	2.9	1.43	0.8	10 (DZT)
2	甲苯	1	7%	0.5	0.5	0.5	0.5	700 (DZT)
3	苯酚	1	7%	1.2	1.2	1.2	1.2	2 (DIV)



4	3&4-甲基 苯酚	1	7%	0.6	0.6	0.6	0.6	21 (RSL)
5	2-甲基萘	1	7%	1.5	1.5	1.5	1.5	190 (RSL)
6	茚	2	16%	2.8	3.2	3.0	3.0	5500 (RSL)
7	芴	2	16%	0.8	1.0	0.9	0.9	5400 (RSL)
8	菲	3	23%	0.2	0.3	0.267	0.2	5 (DIV)
9	苯并(a)芘	1	7%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01 (DZT)

注：DZT 表示数据来源于《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》的 III 类标准限值；

RSL 表示数据来源于美国环保署区域筛选值 Regional Screening Levels (RSL,2016)；

DIV 表示数据来源于《荷兰土壤与地下水修复干预值（DIV，2009）》。

4. 有机氯农药和有机磷农药检出情况

本部分共检测 15 种污染物，均未检出。



10 苯并（a）芘人体健康风险计算

本项目地块地下水中,苯并(a)芘在一个点位 MW-10 的检出浓度($0.04\mu\text{g/L}$)高于所选用的评价标准《地下水水质标准 (DZ/T 0290-2015)》中的 III 类标准限值 ($0.01\mu\text{g/L}$)。根据《上海市工业用地全生命周期管理场地环境保护技术指南(试行)》的要求,若地下水中监测目标污染物的检出浓度超过《地下水水质标准 (DZ/T 0290-2015)》中的 III 类标准值,则判定为地下水关注污染物。本章依据《上海市污染场地风险评估技术规范》,对本项目地块地下水中苯并(a)芘进行人体健康风险计算。

本项目地块未来计划作为工业用地,属于非敏感用地类型。

上海市污染场地风险评估的程序与内容如下图所示。

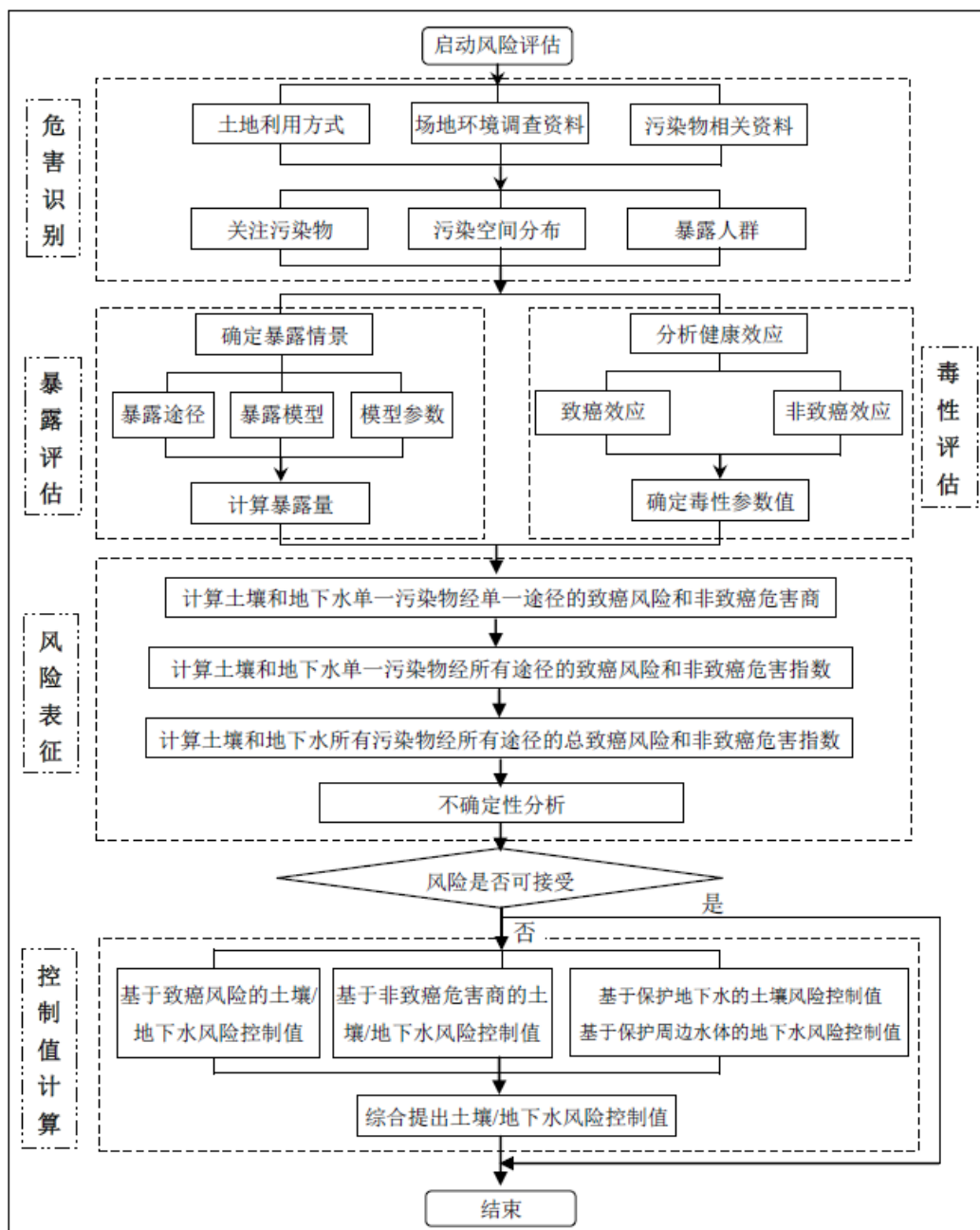


图 10-1 上海市污染场地风险评估程序与内容

场地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等四个步骤,具体内容涉及监测数据分析、关注污染物筛选和评估、关注污染物毒性评估、场地暴露模型建立、暴露参数确定、致癌风险和非致癌暴露量计算、致癌风险和非致癌危害表征、计算并确定场地土壤的风险控制值。



10.1 危害识别

本项目地下水中苯并（a）芘的检出浓度高于所选用的评价标准《地下水水质标准（DZ/T 0290-2015）》中的 III 类标准值，因此将苯并（a）芘列为本地块关注污染物。本项目场地未来规划为非敏感用地，确定场地的敏感受体为成人。

10.2 暴露评估

暴露评估是在非敏感用地的土地利用方式下，分析地下水中的关注污染物苯并（a）芘危害到成人的暴露情景，确定其对成人的暴露途径，以及在环境介质中的迁移模型，确定与场地污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群在不同暴露途径下的污染暴露量。

本地块未来作为工业用地使用，为非敏感用地方式暴露情景；未来涉及再开发，故还需考虑建设开发这一暴露情景。

本地块土壤监测点位未发现检测因子超标，只有污染地下水暴露途径。

非敏感用地情景的暴露途径包括：

1. 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径
2. 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

本地块未来作为工业用地使用，不抽取地下水作为饮用水，可排除经口摄入地下水暴露途径。

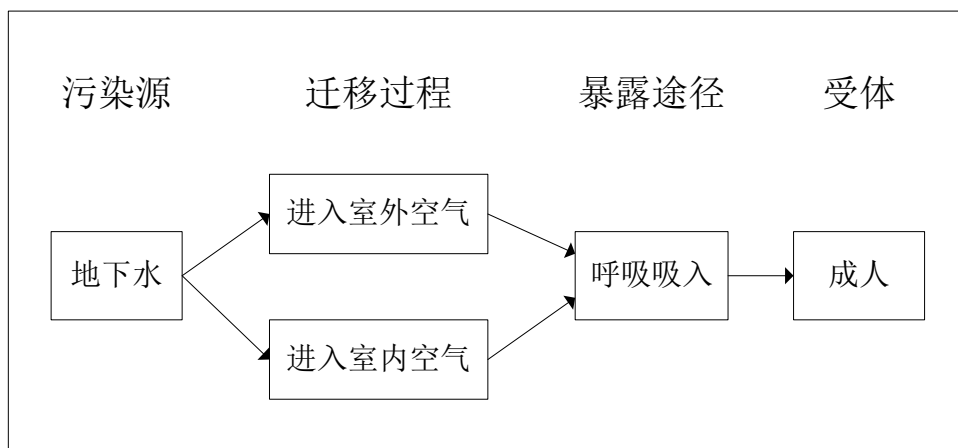


图 10-2 地下水中苯并（a）芘非敏感用地暴露途径



建设开发期间的暴露途径包括：

1. 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径；
2. 经口摄入地下水途径

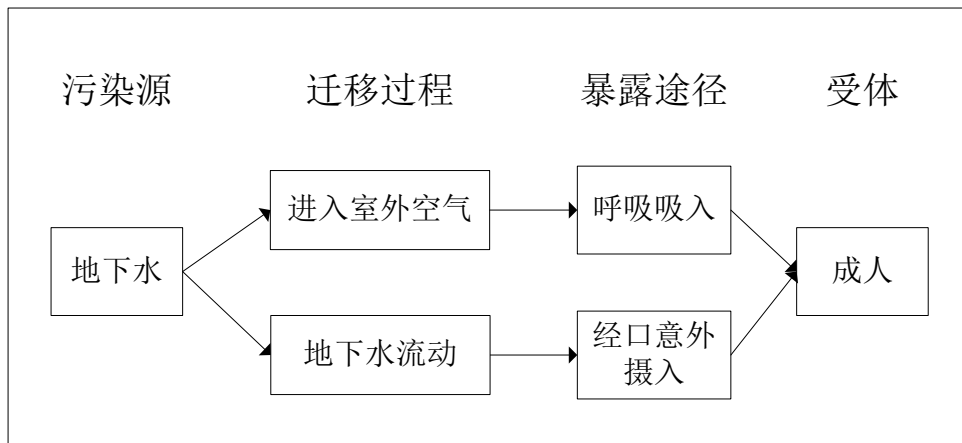


图 10-3 地下水中苯并（a）蒽建设开发期间暴露途径

10.2.1 暴露点浓度

关注污染物苯并（a）蒽的暴露点浓度为本项目地块地下水样品检出浓度的 0.04 $\mu\text{g/L}$ 。

10.2.2 暴露参数

暴露参数包括地下水的摄入量、暴露群体的相关参数、暴露周期和暴露频率。暴露群体的相关参数包括暴露期、体重、寿命、空气呼吸率和日饮用量以及暴露频率等，参数主要选取推荐值参考《上海市污染场地风险评估技术规范》中不同暴露情景相关的模型参数取值，详见下表。

表 10-1 暴露参数

参数名称	符号	单位	非敏感用地取值
成人暴露周期	EDa	a	25
成人室外暴露频率	EFOa	d / a	62.5
成人平均体重	BWa	kg	57.1
成人每日空气呼吸量	DAIRa	m ³ /d	14.5



参数名称	符号	单位	非敏感用地取值
成人每日饮用地下水的量	DWCRa	L 地下水/d	1.0
致癌效应平均时间	ATca	d	29930
土壤地下水交界处毛管层厚度	hcap	cm	5
毛细管层孔隙空气体积比	Θcap	无量纲	0.038
地基裂隙中空气体积比	Θcrack	无量纲	0.26
室内空气体积与污染物入渗面积之比	LB	cm	300

10.2.3 暴露评估模型

本次风险评价主要考虑吸入室外、室内空气中来自地下水的气态污染物和建设开发期间经口摄入地下水中污染物这三种暴露途径。

首先计算非敏感用地暴露情境景下的暴露量。

1. 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物苯并（a）芘的致癌效应，在该暴露途径下，地下水暴露量的计算公式为：

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

式中：

$IoVER_{ca3}$ —吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应），L 地下水 · kg⁻¹ 体重/d；

VF_{gwoa} —地下水中污染物挥发对应的室外空气中的地下水含量，L/m³；

$DAIR_a$ —成人每日空气呼吸量，m³/d；

EFO_a —成人室外暴露频率，d/a；

ED_a —成人暴露周期，a；

BW_a —成人体重，kg；

AT_{ca} —致癌效应平均时间，d；

将上述各参数代入算式后得， $IoVER_{ca3} = 1.45 \times 10^{-9}$



2. 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物苯并（a）芘的致癌效应，在该暴露途径下，地下水暴露量的计算公式为：

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

式中：

$IiVER_{ca2}$ 一吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应），L 地下水 · kg⁻¹ 体重/d；

$DAIR_a$ 一成人每日空气呼吸量，m³/d；

VF_{gwia} 一地下水中污染物挥发对应的室内空气中的地下水含量，L/m³；

EFI_a 一成人的室内暴露频率，d/a；

ED_a 一成人暴露周期，a；

BW_a 一成人体重，kg；

AT_{ca} 一致癌效应平均时间，d；

将上述各参数代入算式后得， $IiVER_{ca2} = 4.72 \times 10^{-9}$

其次，计算建设开发期间暴露情景的暴露量。

1. 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

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

公式参数含义同前。

带入上述各参数，算出 $IoVER_{ca3} = 1.45 \times 10^{-9}$ 。

2. 经口摄入地下水途径

$$CGWER_{ca} = \frac{DWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}}$$

$CGWER_{ca}$ 一引用受影响地下水对应的地下水的暴露量（致癌效应），L 地下水 · kg⁻¹ 体重/d；

$DWCR_a$ 一成人每日引用地下水的量，L 地下水/d，此处取 1.0；

其他参数含义同前。



带入上述各参数，算出 $CGWER_{ca} = 5.27 \times 10^{-6}$ 。

10.3 毒性评估

毒性评估主要包括分析关注污染物的致癌和非致癌危害效应，确定关注污染物的毒性参数。

本地块关注污染物为苯并（a）芘，其分子式 $C_{20}H_{12}$ ，纯品为无色至淡黄色、针状、晶体。相对密度（水=1）1.35，性质稳定，熔点 $179^{\circ}C$ ，沸点 $475^{\circ}C$ 。不溶于水，微溶于乙醇、甲醇，溶于苯、甲苯、二甲苯、氯仿、乙醚、丙酮等，本品在工业上无生产和使用价值，一般只作为生产过程中形成的副产物随废气排放。通过吸入、食入及经皮吸收，对眼睛、皮肤有刺激作用。是致癌物、致畸原及诱变剂，是多环芳烃中毒性最大的一种强烈致癌物。

苯并（a）芘急性毒性 LD_{50} 为 500 mg/kg （小鼠腹腔）、 50 mg/kg （大鼠皮下）；慢性毒性表现在：长期生活在含 BaP 的空气环境中，会造成慢性中毒，空气中的 BaP 是导致肺癌的最重要的因素之一。其水生生物毒性： $5\mu\text{g/L}$ ，12 天，微生物，阻碍作用； 5 mg/L ，13 小时，软体动物卵，阻碍作用，结构变化。

苯并（a）芘被认为是高活性致癌剂，但并非直接致癌物，必须经细胞微粒体中的混合功能氧化酶激活才具有致癌性。BaP 进入机体后，除少部分以原形随粪便排出外，一部分经肝、肺细胞微粒体中混合功能氧化酶激活而转化为数十种代谢产物，其中转化为羟基化合物或醌类者，是一种解毒反应；转化为环氧化物者，特别是转化成 7,8-环氧化物，则是一种活化反应，7,8-环氧化物再代谢产生 7,8-二氢二羟基-9,10-环氧化物，便可能是最终致癌物。这种最终致癌物有四种异构体，其中的（+）-BP-7 β ，8 α -二醇体-9 α ，10 α -环氧化物-苯并（a）芘，已证明致癌性最强，它与 DNA 形成共价键结合，造成 DNA 损伤，如果 DNA 不能修复或修而不复，细胞就可能发生癌变。其它三种异构体也有致癌作用。动物试验包括经口、经皮、吸入，经腹膜皮下注射、均出现致癌。许多国家相继用 9 种动物进行实验，采用多种给药途径，结果都得到诱发癌的阳性报告。在多环芳烃中，BaP 污染最广、致癌性最强。BaP 不仅在环境中广泛存在，也较稳定，而且与其它多环芳烃的含量有一定的相关性。



本次健康风险计算过程中用到的各毒性参数取值主要选择于《上海市污染场地风险评估技术规范》，具体取值如下：

表 10-2 苯并（a）芘毒性参数

毒性参数	参数缩写	单位	数值
呼吸吸入单位致癌风险	IUR	m ³ /mg	1.1

10.4 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苯并（a）芘经吸入室外和室内空气中来自地下水的气态污染物这两种途径的致癌风险，并进行不确定性分析。

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、单一污染物的危害商（非致癌风险值）和多个关注污染物的危害商（非致癌风险值）。单一污染物可接受的致癌风险水平为 10^{-6} ，可接受非致癌风险水平规定为 1。依据风险表征的结果，分析是否能够接受污染场地的健康风险。包括场地关注污染物的总体致癌风险和总体非致癌风险，分别和 10^{-6} 和 1 相比较。若计算结果比可接受风险水平小，则可以终止风险评估工作；若计算结果比可接受风险水平高，则需要分别计算出场地内的关注污染物在所有可能暴露途径下，基于致癌风险和非致癌风险的修复目标值，并分析主要参数取值的敏感性。

本地块地下水中关注污染物为苯并（a）芘，需要计算器致癌风险。

10.4.1 苯并（a）芘的致癌风险

A. 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

$$CR_{IoVGW} = IoVER_{ca3} \times C_{gw} \times SF_i$$

CR_{IoVGW} 一吸入室外空气中来自地下水的气态污染物暴露途径的致癌风险，无量纲；

C_{gw} 一地下水中污染物浓度，mg/L，本次初步调查中苯并（a）芘检出浓度为 0.04μg/L；

SF_i 一呼吸吸入致癌斜率因子，由呼吸吸入单位致癌因子（IUR）外推获得，



$(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$;

$$SF_i = \frac{IUR \times BWa}{DAIRa}$$

IUR —呼吸吸入单位致癌因子, m^3/mg ;

$DAIRa$ 、 BWa 、 $IoVERca3$ 的参数含义见上文。

将上述各参数代入算式后得, $CRIoVGW = 2.51 \times 10^{-13}$

本地块有非敏感用地和建设开发期间两种暴露情景, 故总的 $CRIoVGW = 2.51 \times 10^{-13} \times 2 = 5.02 \times 10^{-13}$

B. 吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径

$$CRliVGW = IiVERca2 \times C_{gw} \times SF_i$$

$CRliVGW$ —吸入室内空气中来自地下水的气态污染物暴露途径的致癌风险, 无量纲;

$DAIRa$ 、 BWa 、 C_{gw} 、 $IiVERca2$ 、 SF_i 的参数含义见上文。

将上述各参数代入算式后得, $CRliVGW = 8.18 \times 10^{-13}$

C. 经口摄入地下水途径的致癌风险

$$CRCGW = CGWERca \times C_{gw} \times SF_0$$

$CRCGW$ —经口摄入地下水暴露途径的致癌风险, 无量纲;
其他参数含义同前。

将上述各参数代入求得 $CRCGW = 1.537 \times 10^{-9}$

D. 单一土壤污染物经所有暴露途径的致癌风险

$$CRnGW = CRIoVGW + CRliVGW + CRCGW$$

$CRnGW$ —单一污染物经所有暴露途径的致癌风险。

将上述各参数代入算式后得, $CRnGW = 1.539 \times 10^{-9}$

综上, 本地块地下水中苯并(a)芘通过两种暴露途径的总致癌风险如下:



表 10-3 健康风险计算结果

污染物	暴露情景	暴露途径	致癌风险
苯并（a）芘	非敏感用地	经室外空气中来自地下水的气态污染物	2.51×10^{-13}
		经室内空气中来自地下水的气态污染物	8.18×10^{-13}
	建设开发期间	经室外空气中来自地下水的气态污染物	2.51×10^{-13}
		经口摄入地下水途径	1.537×10^{-9}
总致癌风险			1.539×10^{-9}

10.4.2 不确定性分析

① 分析暴露风险的贡献率

在不同的暴露途径下，单一污染物苯并（a）芘的致癌风险贡献率计算公式如下：

A 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

$$PCR_1 = \frac{CR_{IoVGW}}{CR_{nGW}} = \frac{5.02 \times 10^{-13}}{1.539 \times 10^{-9}} = 0.03\%$$

B 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

$$PCR_2 = \frac{CR_{IiVGW}}{CR_{nGW}} = \frac{8.18 \times 10^{-13}}{1.539 \times 10^{-9}} = 0.05\%$$

C 经口摄入地下水途径

$$PCR_3 = \frac{CR_{CGW}}{CR_{nGW}} = \frac{1.537 \times 10^{-9}}{1.539 \times 10^{-9}} = 99.2\%$$

② 分析模型中主要参数的敏感性

选择对风险计算结果影响较大的参数进行敏感性分析，比如人群相关参数、与暴露途径相关的参数。某单一暴露途径风险的贡献率大于 20%时，应进行人群



和与该途径相关参数的敏感性分析。

本地块经口摄入地下水途径的风险贡献率大于 20%，需进行敏感性分析。

对本地块风险计算结果影响较大的参数是成人每日引用水量。

根据《上海市污染场地风险评估技术规范》中的模型参数推荐值，建设开发期间的成人每日饮用水量为 0.05L。

对于经口摄入地下水途径，计算参数敏感性比例如下：

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1} \times 100\%}{\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100\%} = \frac{\frac{0.5 - 0.05}{0.05}}{\frac{1.537 \times 10^{-8} - 1.537 \times 10^{-9}}{1.537 \times 10^{-9}}} = 100\%$$

SR — 模型参数敏感性比例，无量纲；

P_1 — 模型参数 P 变化前数值，此处为成人每日饮用水量；

P_2 — 模型参数 P 变化后数值；

X_1 — 按 P_1 计算的致癌风险，无量纲；

X_2 — 按 P_2 计算的致癌风险，无量纲；

10.5 地下水苯并（a）芘的健康风险计算结论

风险评估计算结果显示，本地块作为非敏感用地，地下水中苯并（a）芘的总致癌风险为 1.539×10^{-9} ，远远低于可接受的致癌风险 1×10^{-6} 。关注污染物的风险水平在可接受的范围内，不需进行风险评估。



11 结果和评价

本次初步调查在月杨工业园区顾村园 201704 号地块内布设了 26 个土壤监测点和 13 口地下水监测井。对这些土壤监测点分别采集表层土壤、深层土壤和饱和带土壤，对应采样深度为地下 0.5 m、1.0 m、2.0 m；地下水监测井的深度均为 6 m。共采集 65 个土壤监测样品和 13 个地下水监测样品。样品分析检测项目包括 pH、重金属、挥发性有机污染物、半挥发性有机物、TPH、有机氯农药和有机磷农药等。

土壤样品的分析检测结果显示：除六价铬外，所有重金属元素均有检出；VOCs 和 SVOCs 共检出 20 种；TPH（C≤16）和 TPH（C>16）有检出；有机氯农药和有机磷农药未检出。以上检出物质的检出浓度均低于《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值》中非敏感用地的限值。

地下水样品的分析检测结果显示：重金属元素中，砷、铬、铜、镍、铅、镉、锌等共 7 项有检出；TPH（C≤16）和 TPH（C>16）均有检出；VOCs 和 SVOCs 共检出 9 项；有机氯农药和有机磷农药均未检出。重金属、TPH、有机氯农药和有机磷农药以及绝大多数 VOCs 和 SVOCs 的检出浓度均低于《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）中的 III 类标准、《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）中的 III 类标准、《美国环保署通用筛选值》（Regional Screening Level, 2016）或《荷兰土壤与地下水修复干预值（DIV，2009）》的浓度限值。

地下水中苯并（a）芘在 MW-10 点位的检出浓度符合《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）中的 IV 类标准，不能作为生活饮用水使用。针对地下水中苯并（a）芘的人体健康风险计算显示，虽然其在 MW-10 点位的检出浓度高于筛选标准值，但风险处于可接受水平，无需进行详细调查和风险评估。

本次初步调查的结果表明，本场地土壤及浅层地下水的环境质量符合非敏感用地（工业用地）的要求，可用作工业用地的开发和建设，无需进行后续风险评估和详细调查。