

北辛安棚户区改造项目 694-1 地块土壤污染风险评估报告

委托单位：北京安泰兴业置业有限公司

编制单位：轻工业环境保护研究所

2019年5月北京



北辛安棚户区改造项目 694-1 地块土壤污染风险评估报告

委托单位：北京安泰兴业置业有限公司

编制单位：轻工业环境保护研究所

项目负责：魏文侠

参加人员：杨苏才 王海见 郝润琴 李佳斌 王硕 魏燕
张骥 吴乃瑾 郭鹏

审核：李培中

目录

1	总论	1
1.1	项目背景	1
1.2	地块环境评价目的	2
1.3	调查评价原则	2
1.4	评价依据	2
1.4.1	相关法律、法规、政策	2
1.4.2	相关技术导则和规范	3
1.4.3	相关标准	4
1.5	评价范围	4
1.6	地块评价内容	5
2	地块污染识别	7
2.1	地块概述	7
2.1.1	地块地理位置	7
2.1.2	地块区域自然概况	7
2.1.3	地块未来规划	14
2.2	地块污染识别	16
2.2.1	地块污染分析	16
2.2.2	地块周边污染分析	16
2.2.3	污染识别小结	16
2.3	污染识别结论与建议	16
2.3.1	结论	16
2.3.2	建议	17
3	地块污染现场调查	18
3.1	土壤样品现场采集	18
3.1.1	土壤采样布点原则	18
3.1.2	土壤采样布点方案	18
3.2	水文地质调查	25
3.3	土壤样品采集与保存	25
3.4	实验室检测	27
3.4.1	检测项目	27
3.4.2	样品分析方法	27
3.5	全过程质量控制	27
4	地块调查结果分析	28
4.1	地块水文地质调查情况	28
4.2	地块土壤污染特征分析	28
4.2.1	地块土壤中重金属污染特征	28
4.2.2	地块土壤中 SVOCs 污染特征	30
4.2.3	污染物来源及成因分析	31
4.3	地下水污染特征分析	31
4.4	地块污染特征小结	32
5	地块风险评估	34
5.1	地块风险评价程序	34

5.2	风险识别.....	35
5.2.1	污染源分析.....	35
5.2.2	暴露点浓度.....	41
5.3	暴露分析.....	42
5.3.1	暴露对象.....	42
5.3.2	暴露途径.....	42
5.3.3	暴露参数.....	43
5.3.4	暴露量计算.....	45
5.4	毒性评价.....	47
5.4.1	非致癌物质毒性效应.....	47
5.4.2	致癌物质的效应评价.....	47
5.4.3	毒性参数.....	48
5.5	风险评价.....	50
5.5.1	工作内容.....	50
5.5.2	风险表征.....	50
5.5.3	RBCA 风险计算软件介绍.....	50
5.5.4	土壤污染风险计算.....	51
5.5.5	土壤污染风险贡献率分析.....	52
5.6	Pb 健康风险评估.....	53
5.7	风险评价不确定性分析.....	57
5.8	地块土壤污染计算修复目标值.....	59
5.9	小结.....	60
6	地块修复目标和修复范围.....	61
6.1	建议修复目标.....	61
6.2	修复范围.....	61
7	报告结论及建议.....	78
7.1	结论.....	78
7.2	不确定性分析.....	79
7.3	建议.....	79
8	附件.....	81
	附件 1: 专家意见及修改说明.....	81
	附件 2: 北辛安棚户区改造项目场地环境调查报告——694-1 地块报告.....	81

1 总论

1.1 项目背景

《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》已于 2016 年 7 月获得北京市原环境保护局的批复，批复文号为京环[2016]344 号，批复中要求：“评价范围内构筑物拆除后，要对构筑物占地范围及本报告范围外的疑似污染区域进行补充采样调查，若发现问题应及时向我局报告。”本项目在施工验收过程中，对污染物进行了基坑的侧壁检测，发现评价范围外存在疑似污染，因此，本报告针对北京市环保局的要求，开展评价范围外的疑似污染区域土壤的补充调查工作。

目前，《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》整个地块划分为 17 个地块，694 地块属于《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》地块范围内 17 个地块其中之一。694 地块基本处于整体地块的中间偏西位置，地块总体占地面积约 24649.135 m²，地块四至：东至 690 地块，南至 646 地块，西至北辛安路，北至 681 地块。694 地块厂区范围内区域部分已完成评价，面积约 5457.166 m²，主要占用原厂区首钢电机厂部分用地；此次补充调查区域为 694-1 地块厂区外围地块区域，原为厂区西侧六建模板分公司第一租赁站部分用地，面积约为 19191.969 m²。694 地块区域规划建设住宅区，主要对区域内房屋、企业等实施征地拆迁，建设道路工程、给排水工程、电力工程、燃气工程、热力工程、通信工程以及地块平整等。

受业主委托，轻工业环境保护研究所在地块环境调查过程中按照北京市《场地环境评价导则》（DB11/T656-2009）要求，进行地块现场调查采样工作，并委托有 CMA 资质认证的样品分析检测单位，进行该地块环境土壤样品的分析检测工作。评价单位对检测数据进行认真的分析，结合该地块相关资料进行分析研究，在此基础上对该地块进行风险评估计算。

轻工业环境保护研究所于 2019 年 4 月完成《北辛安棚户区改造项目场地环境调查报告——694-1 地块报告》，并顺利通过专家评审会。2019 年 5 月，编写完成《北辛安棚户区改造项目 694-1 地块土壤污染风险评估报告》，北京市生态环境局组织召开了专家评审会，会后项目组根据专家意见进行了认真的修改和完善。

1.2 地块环境评价目的

通过对相关地块进行污染调查、污染分析和风险评价，明确地块内污染物种类、污染物分布和污染程度，并以该地块规划用地类型中的环境敏感人群为风险受体，计算其人体健康风险，确定该地块污染修复目标和修复范围。本次地块环境评价的主要目的包括：

（1）对相关地块现状、历史用途调查分析，识别和初步确认地块潜在环境污染；

（2）通过现场布点采样和实验室分析，确定地块是否污染及污染的程度、主要污染物种类、污染物浓度及污染范围等；

（3）根据地块现状和未来土地利用要求，进行地块污染风险评价，并根据地块土地利用规划，确定地块修复目标。

1.3 调查评价原则

按照国家环保部发布的《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）的要求进行场地调查与分析工作。

1.4 评价依据

1.4.1 相关法律、法规、政策

- 《中华人民共和国环境保护法》（主席令[2015]9 号，2015 年 1 月 1 日起实施）；
- 《中华人民共和国土地管理法》（2004 年 8 月 28 日）；
- 《中华人民共和国固体废物污染防治法》（1995 年 10 月 30 日）；
- 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日实施）；
- 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（原国家环保总局环办[2004]47 号，2004 年 6 月 1 日起实施）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（<98>国务院令 253 号）；
- 《危险化学品安全管理条例》（国务院令[2003]344 号）；
- 《废弃危险化学品污染环境防治办法》（国家环保总局令[2005]第 27 号）；
- 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环境保护部，

环办〔2004〕47号)；

- 《关于开展保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》(环境保护部等四部委，环发〔2012〕140号)；
- 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》(环境保护部，环发〔2014〕66号)；
- 《关于加强土壤污染防治工作的意见》(环发[2008]48号，2008年6月6日起实施)；
- 《关于加强重金属污染防治工作的指导意见》(国办发[2009]61号，2009年12月28日起实施)；
- 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》(环境保护部、工业和信息化部、国土资源部、住房和城乡建设部环发[2012]140号，2012年11月27日起实施)；
- 《国务院关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》(国办发[2013]7号，2013年1月23日起实施)；
- 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环发[2014]78号，2014年12月1日起实施)；
- 《土壤污染防治行动计划》(国发[2016]31号，2016年5月28日起实施)。

1.4.2 相关技术导则和规范

- 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环保部2017年第72号附件)；
- 《场地环境评价导则》(DB11/T656-2009)；
- 《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)；
- 《污染场地风险评估导则》(HJ25.2-2014)；
- 《污染场地环境监测技术导则》(HJ25.3-2014)；
- 《污染场地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2014)；
- 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)；
- 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)；
- 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001-2009)；
- 《工程测量规范》(GB50026-2007)；
- 《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)；

- 《土的工程分类标准》(GB/T50145-2007);
- 《水位观测标准》(GBJ138-90);
- 《城市地下水动态观测规程》(CJJ/T76-1998);
- 《供水水文地质钻探与凿井操作规程》(CJJ13-1987)。

1.4.3 相关标准

- 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600--2018);
- 《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011);
- 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);
- 《污染场地修复后土壤再利用环境评估导则》(DB11/T 1281-2015)

1.5 评价范围

694 地块总体占地面积约 24649.135 m²，已完成的评价范围（厂区内地块）面积约为 5457.166 m²；此次 694 补充调查的地块原为厂区外西侧六建模板分公司第一租赁站部分用地，现已拆除完毕，占地面积约为 19191.969 m²，如图 1.5-1 所示。

该地块主要地块信息如表 1.5-1 所示。



图 1.5-1 评价范围内主要地块位置示意图

表 1.5-1 694 地块内的主要地块信息

序号	地块信息	调查区域内主要地块	占地面积 (m ²)	功能分区	备注
1	694 地块补充调查区域	六建模板分公司第一租赁站部分用地(现已拆除)	19191.969	/	初步分析潜在污染物为重金属
2	694 地块已完成调查区域	原厂区首钢电机厂部分用地	5457.166	生产电力变压器、大型整流变压器、电炉变压器，电机及高低配电柜等	无组织排放，遗撒、泄露。排放量不易估计。潜在特征污染物为重金属、SVOCs。

1.6 地块评价内容

地块环境评价项目分为三个工作阶段，各阶段具体内容如下：

第一阶段：地块污染识别

收集该地块历史和现状生产及污染相关资料，通过文件审核、现场调查、并对该地块相关人员进行访谈等形式，获取地块水文地质特征、土地利用情况、地块生产工艺污染识别等基本信息，了解可能存在的污染物种类、污染途径、污染区域，再经过现场踏勘进行污染识别，初步划定重点关注范围。

第二阶段：现场勘查与采样分析

根据地块污染识别结果，通过现场勘查，对地块污染区域进行现场土壤采样，开展实验室检测分析，然后进行地块环境评价。

第三阶段：地块风险评价

结合样品分析检测结果和未来土地利用规划，对地块环境进行风险计算，明确地块的污染情况、污染范围。针对采样调查、风险评估和勘查结果，编制地块环境评价完整报告。

本次地块评价的工作程序为：通过地块污染识别了解可能存在的污染物种类、污染途径、污染区域，初步划定重点关注范围；对重点关注区域进行现场土壤采样分析；根据检测结果，采用污染地块风险评价的方法判断土壤是否受到污染、污染程度、污染范围以及污染修复标准。

工作程序如下图 1.6-1 所示。

本次地块评价的具体步骤是：对比环境检测数据和风险筛选值中的居住用地限值，如果小于筛选值，则说明其风险相对较小，可结束风险评价；如果大于筛选值，则需要进一步的风险计算，确定其人体健康风险值及修复标准限值，为进一步确定污染范围和修复对策提供依据。本次主要针对第三阶段场地风险评价编写本报告。

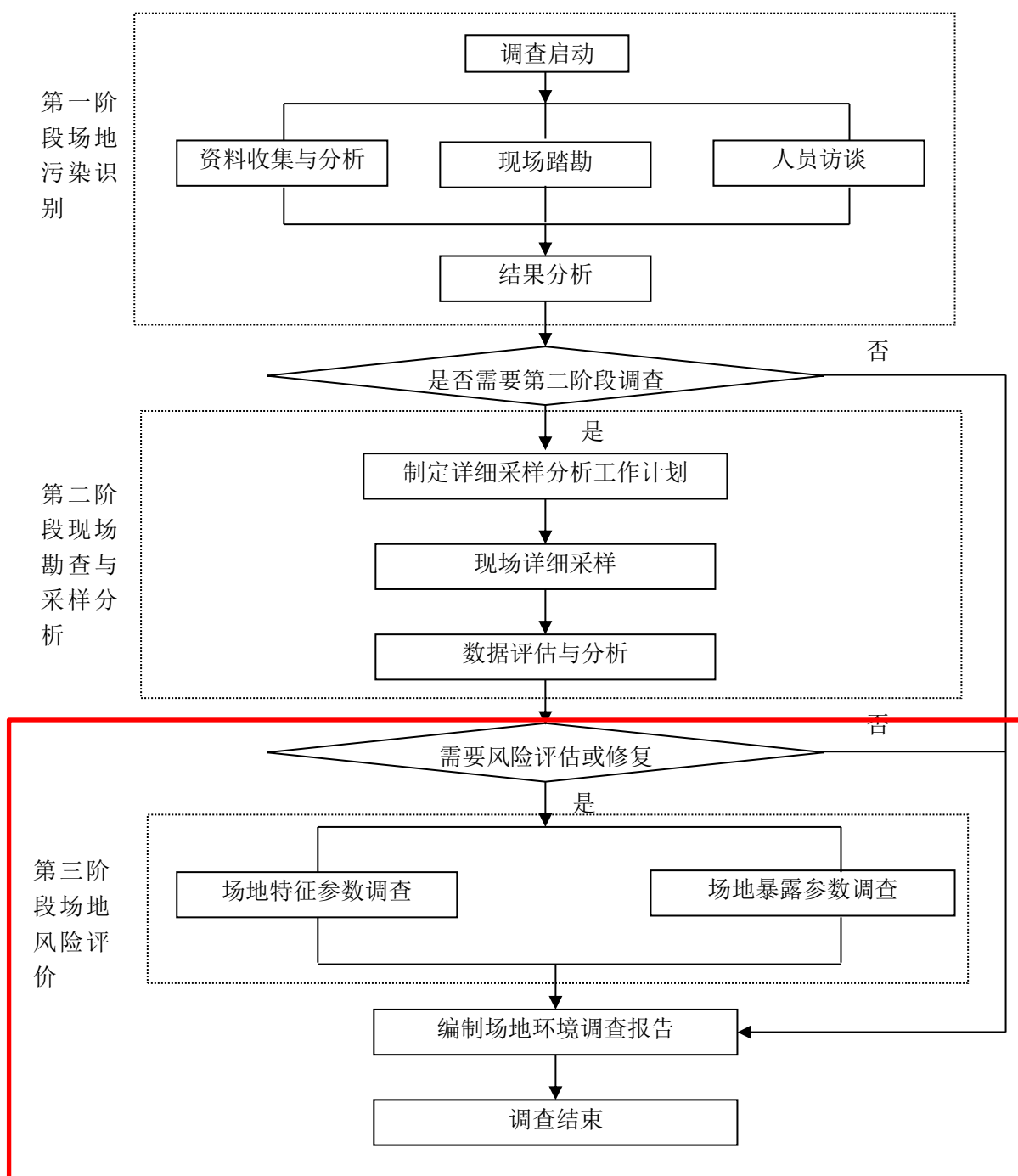


图 1.6-1 地块环境评价工作程序

2 地块污染识别

2.1 地块概述

2.1.1 地块地理位置

本次项目调查地块位于北辛安社区，评价范围中心点位置是 $39^{\circ}54'49.07''\text{N}$ ， $116^{\circ}09'50.82''\text{E}$ 。694 地块总占地面积 24649.135 m^2 ，其中已完成的评价范围（厂区内地块）面积约为 5457.166 m^2 ；此次 694 补充调查的地块（694-1 地块）占地面积约为 19191.969 m^2 ，地理位置如图 2.1-1 所示。694 厂区范围内地块为原厂区内首钢电机厂部分用地。地块四至：东至 690 地块，南至 646 地块，西至北辛安路，北至 681 地块。

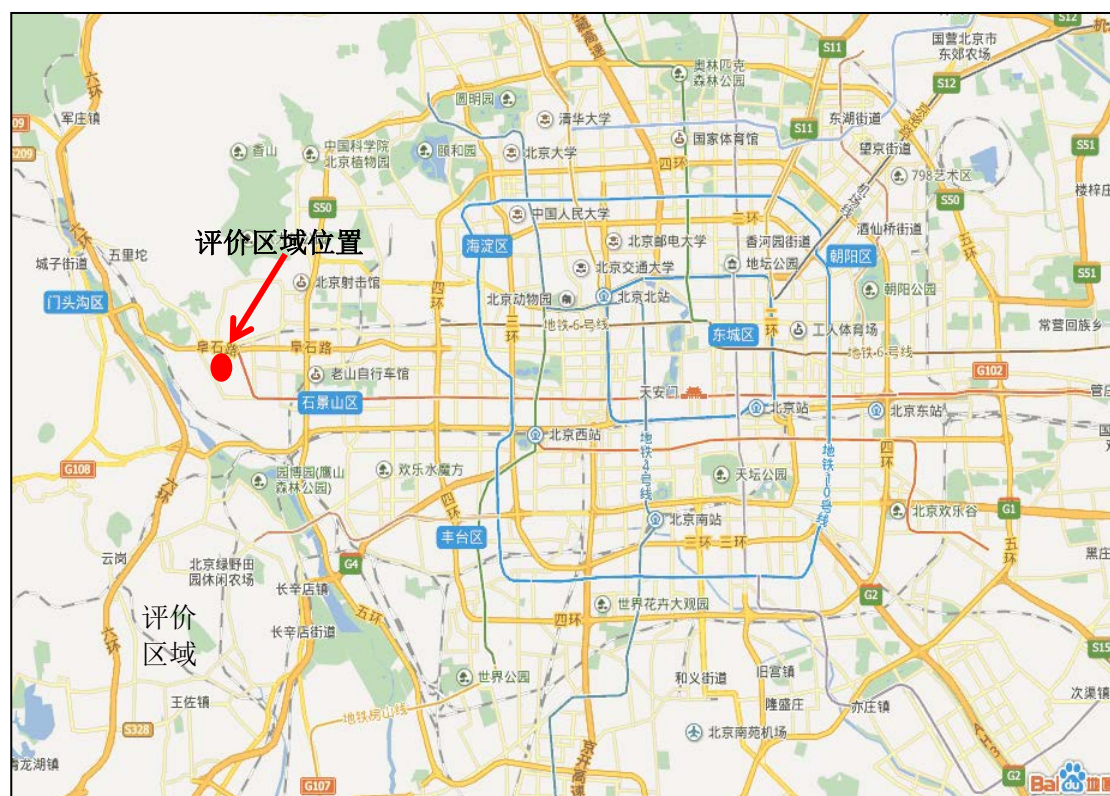


图 2.1-1 评价区域位置示意图

2.1.2 地块区域自然概况

2.1.2.1 气候气象

本项目位于北京市区的西部，属华北平原温带大陆季风型气候，属于暖温带大陆性半湿润-半干旱季风气候，受季风影响形成春季干旱多风、夏季炎热多雨、秋季秋高气爽、冬季寒冷干燥四季分明的气候特点。据北京观象台近十年观测资料，年平均气温为 13.1°C ，历史极端最高气温 42.6°C (近年为 41.9°C ，1999 年)，

历史极端最低气温零下 27.4℃，2001 年为零下 17.0℃，年平均气温变化基本上是由东南向西北递减，近二十年最大冻土深度为 0.80m。

石景山区多年平均降水量 626mm，降水量的年变化大，年内分配不均，汛期（6-8 月）降水量约占全年降水量的 80%以上。旱涝的周期性变化较明显，一般 9-10 年左右出现一个周期，连续枯水年和偏枯水年有时达数年。近十年来以 1994 年年降雨量最大，降雨量为 813.2mm，1999 年年降雨量最小，降雨量为 266.9mm。

石景山区月平均风速以春季四月份最大，据北京气象台观测，石景山区最大风速达 3.6m/s；其次是冬、秋季，夏季风速最小。春季风向以西北风最为突出，秋季为西南偏南风为主。

2.1.2.2 地质条件

项目所在地地处北京西部山前向平原过渡地带，西部为北京西山基岩出露地区，东部为广阔的北京冲洪积平原区。

本区域地质构造发育，断裂构造包括八宝山断裂、黄庄—高丽营断裂、永定河断裂、东北旺—昆明湖断裂等。地层出露比较齐全，除个别地层因构造影响缺失外，从元古界至新生界地层均有出露。前第四系地层主要出露于西部山区，地层多以北东东向延伸，新生界的第三系地层分布于八宝山断裂南部，并被第四系所覆盖。地层由老至新包括蓟县系(Zj)、奥陶系(O)、石炭系(C)、二叠系(P)、侏罗系(J)、白垩系下统(K1)，见图 2.1-2。

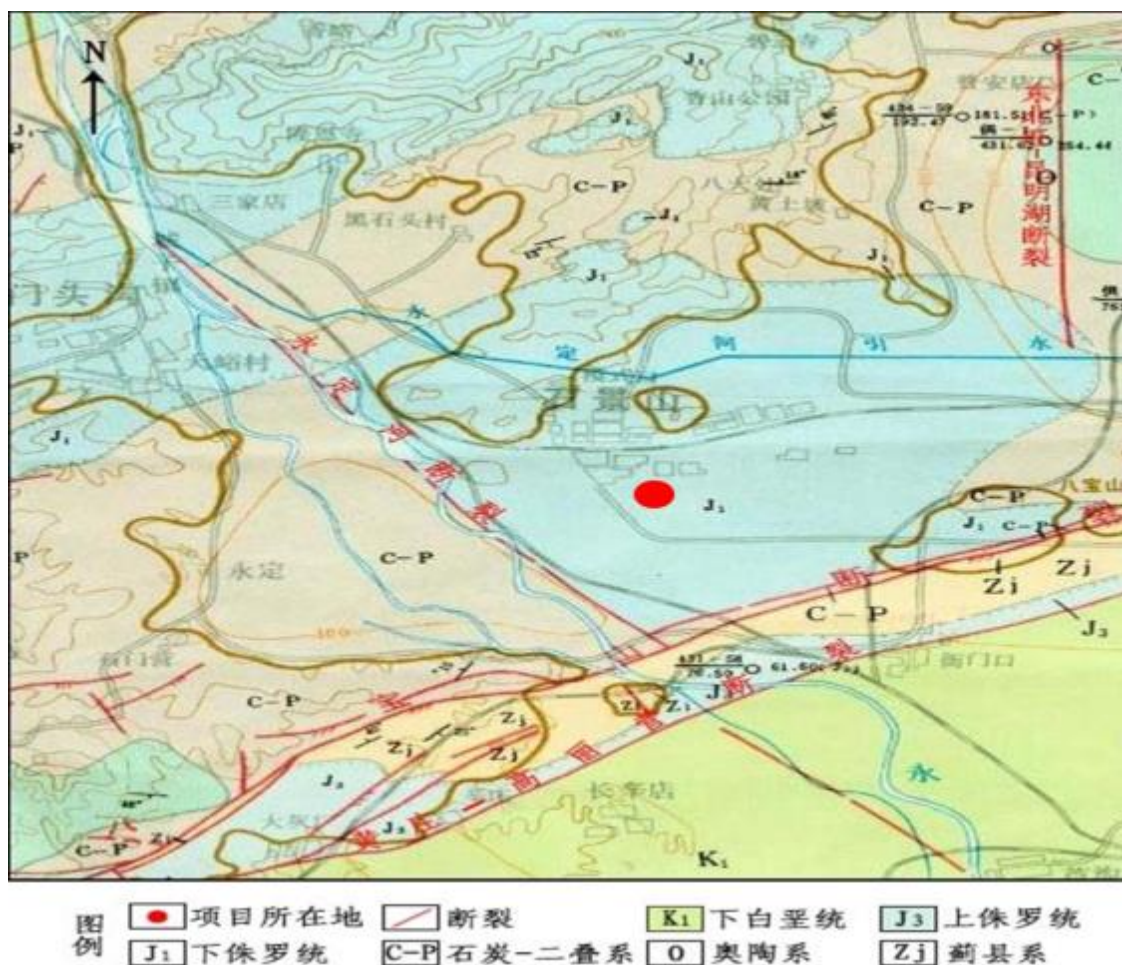


图 2.1-2 调查地块所在区域基岩构造图

此次调查区域位于北京城区以西的石景山区，地层岩性比较简单，主要由单一的砂卵石组成。目前大致分为四个土层：人工填土层、轻亚粘土层、卵石层、基岩层。调查区域地层岩性的垂直分布概况见图 2.1-3。

(1) 人工填土层：成分比较复杂，由砖瓦块、碎石及粘性土组成。灰~杂色，稍湿~湿，松散。该层没有层次规律，厚度在调查区域各个位置是不相同的，从 0.5~2.0 m 不等。

(2) 轻亚粘土层：冲积形成含少量小砾石，黄~褐黄色。稍湿~湿，可塑~硬塑。厚度为 1.0 m 左右，在调查区域各个位置有差别。

(3) 卵石层：该层分布稳定。卵石成分为石英岩、辉绿岩等硬质岩石。卵石粒径 20~80 mm，最大超过 100 mm，含量大于 60%，磨圆度较好，多呈亚圆形。该层杂色，稍湿，密实，由沙充填。该地层也是地下水的含水层，在冲洪积扇顶部潜水区，砂卵石裸露于地表，直接接受地表水补充，该地层平均厚度 40 m，地下水埋深在 20 m 左右。

(4) 基岩层：局部顶面有薄层强风化物，呈土状，一般为中等风化，呈块状，黄绿色。

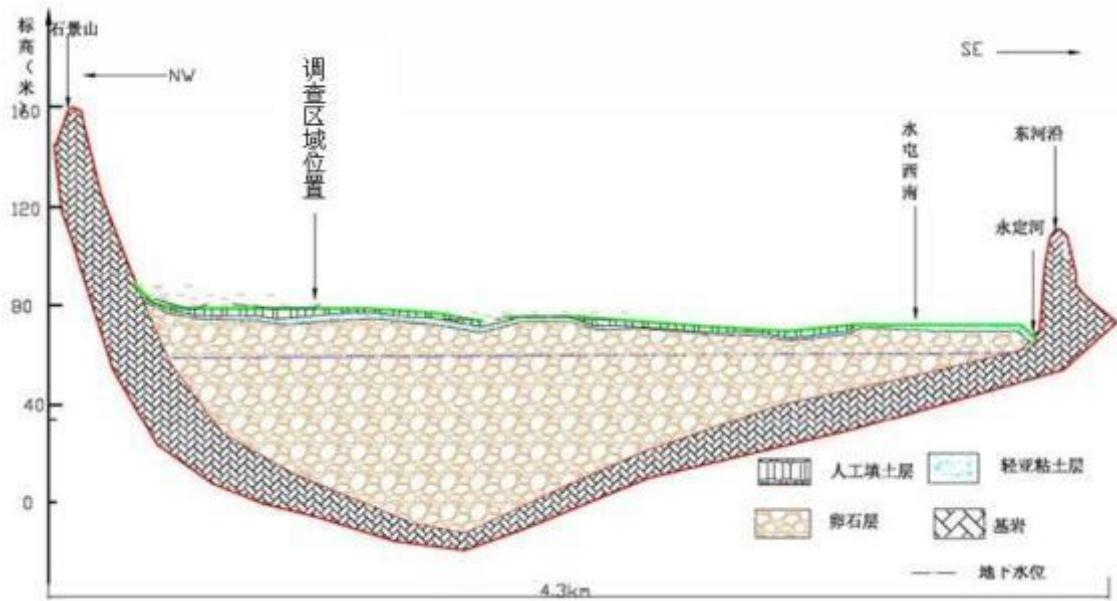


图 2.1-3 地块所在区域地层岩性的垂直分布图

2.1.2.3 区域水文地质条件

(1) 区域地下水赋存情况

石景山区地处海河流域，永定河是最重要的过境河，从石景山区的西南边缘流过。因历史上的永定河含沙量极大，致使石景山区河段早已成为“地上河”，自官厅、珠窝、三家店水库建成后，已近断流。永定河引水干渠自西向东横穿石景山区中部。

石景山区诸山除八大处为背斜外，其他均属向斜，储水地层均为砂页岩石层，储存方式为裂隙与孔隙水，基本以泉水形式出露。泉水的分布，有两个明显特点：一是与断裂、断层有关——泉水分布在断裂线上；二是与侏罗系南大岭组的玄武岩分布有关——泉在玄武岩与砂页岩接触带上。

石景山区山前为坡、洪积形成的粉土、碎石；近永定河冲积扇顶，因河流沉积具有分选性特征，造成河流沉积物的粒径分布具有水平分带现象，永定河河床附近的砾石平均粒径为 20~40 厘米，远离河床的东南部（八宝山、衙门口、黄庄），砾石平均粒径约 10 厘米。石景山区表土厚度一般在 1 米到 2.5 米之间，最薄处仅 0.5 米（山前地带表土较厚，约 5~10 米，质地较粘重，有夹石层）；质地多为透水性较好的沙壤及中壤。

石景山区的平原区是由永定河冲积物组成的山前倾斜平原，西部、北部稍高，

东部、南部略低。包含砂卵石、砂砾石、中粗砂含砾及薄层粘性土。按其岩性、结构特征及富水性，大致可划为五个区，此次评价区域位于 I 区，如图 2.1-5 和图 2.1-6 所示：

① I 区($5000-10000\text{m}^3/\text{d}$)，主要分布于永定河冲洪积扇地区。第四系厚度 30-150m，颗粒由粗变细，含水层岩性为砂卵砾石为主，含水层累计最大厚度 50-70m。

② II 区($3000-5000\text{m}^3/\text{d}$)，主要分布在永定河冲洪积扇近边缘地区，含水层主要为砂卵砾石组成，含水层厚度为 30-50m。

③ III 区($1500-3000\text{m}^3/\text{d}$)，主要分布在永定河冲洪积扇边缘地区及山区边缘地带，含水层岩性主要为砂卵砾石夹中粗砂，含水层厚度一般为 20-30m。

④ IV 区($500-1500\text{m}^3/\text{d}$)，主要分布在山区边缘地带，一般无含水层，仅在砂粘夹砾石中含水且水量小。

⑤ V 区富水性不均一，主要分布在山前地带。

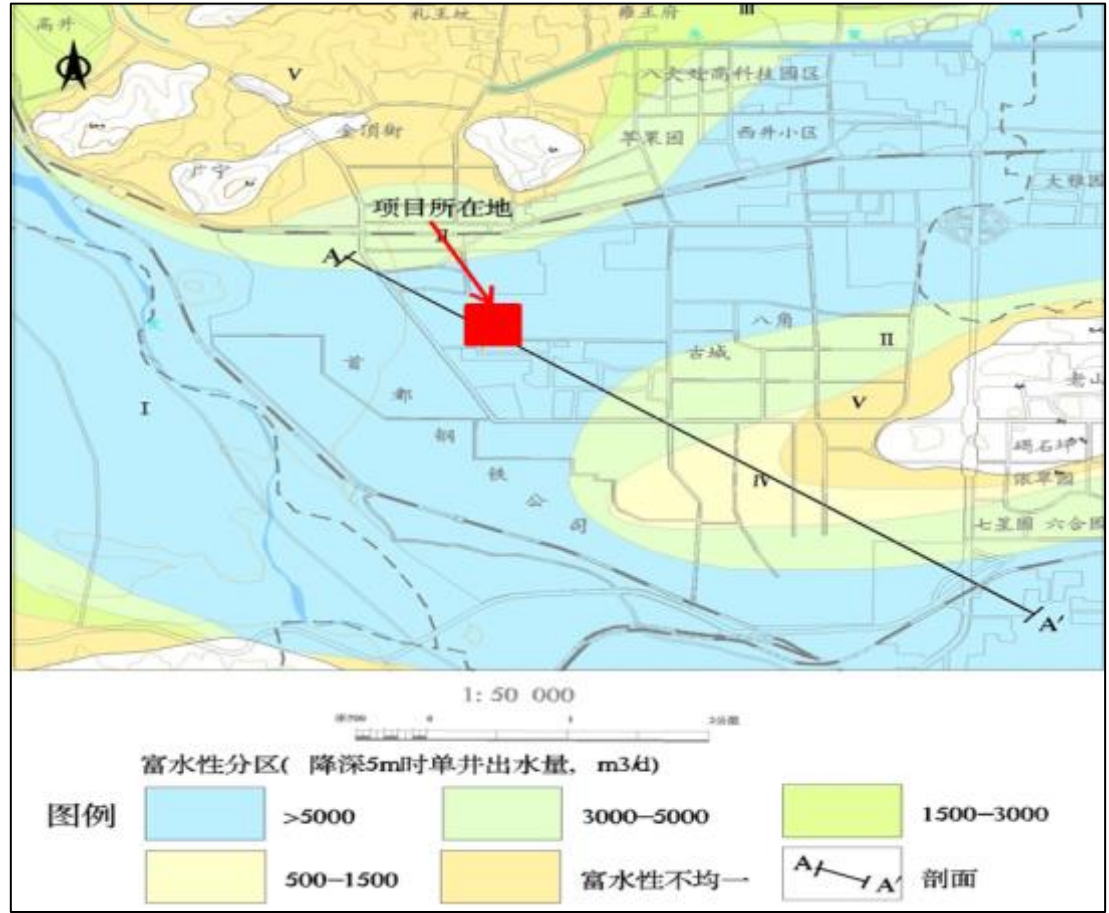


图 2.1-4 区域第四系水文地质图

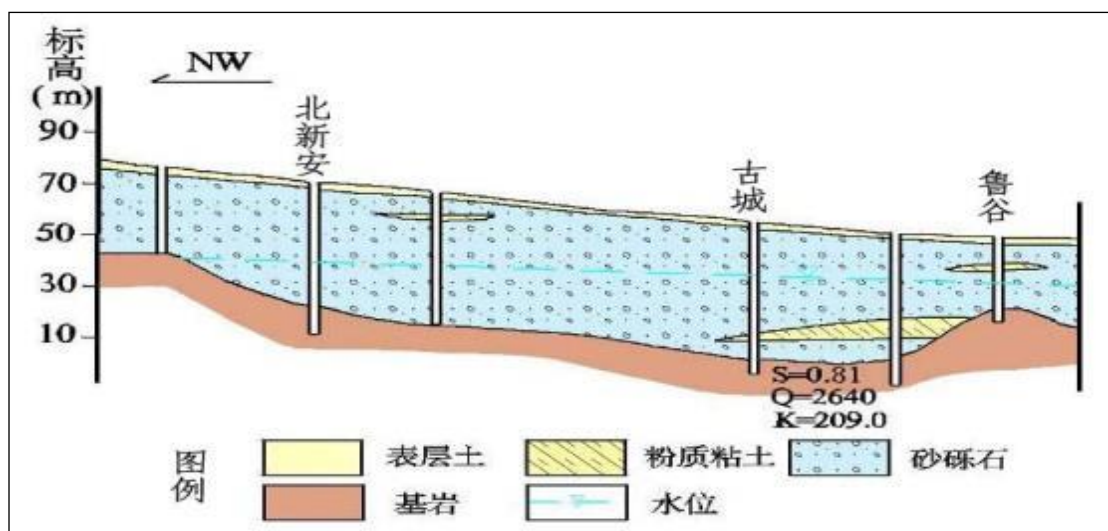


图 2.1-5 石景山水电-马家堡 (A-A') 地层剖面图

该区域浅层地下水水位埋深西高东低。地下水主要补给来源为地下径流和地表降雨，区域地下水径流方向为由西、西北方向，流向东、东南方向。70 年代后受地下水开采影响，局部流向有一定变化。近年的调查资料表明，该层地下水埋深已经在 55-60m 左右，含水层单层厚度较大，岩性以砾石、卵石为主，累计厚度 30m 左右，渗透系数 500-600m/d，是原工农业井的主要开采层。

区域地下水的补给主要是大气降水入渗补给，河渠入渗补给、农田灌溉入渗补给，在山区与平原交界地带山区基岩测向径流补给第四系地下水。大气降水入渗对含水层的补给受地形、地貌、包气带岩性、厚度、降水性质、植被和建筑的影响。

(2) 区域地下水利用情况及敏感度分析

区域地下水的排泄主要为人工开采，主要是水厂水源地开采，其次为下游径流排泄以及少量的潜水蒸发，第四系地下水向东部径流排泄。

根据资料显示，在东偏北距离大概 2.5km 处为杨庄水厂。调查区域位于杨庄水厂的地下水源补给区，主要关注的是第四系浅层含水层，而杨庄水厂主要通过深层基岩井采集区域深层承压水，深层承压水层与浅层第四系含水层之间有相对较厚的基岩层阻隔。因此，从区域地下水的开采利用情况来看，本地块浅层地下水的环境敏感性相对较低。如图 2.1-6。



图 2.1-6 调查区周边水厂位置示意图

2.1.3 地块未来规划

依据北辛安棚户区改造项目—694 地块规划内容，如图 2.1-7。调查地块区域内未来规划主要将建设成为住宅用地。其中已完成的评价范围（厂区内地块）面积约为 5457.166 m²；此次 694 补充调查的地块（694-1 地块）占地面积约为 19191.969 m²。

表 2.1-1 北辛安 694 地块面积、坐标一览表

	面积	拐点坐标
694（总）	24649.135	83733.499, 305325.583 483862.724, 305379.866 483883.390, 305344.777 483918.229, 305285.623 483952.409, 305227.589 483960.344, 305214.115 483885.545, 305199.289 483815.999, 305185.505 483733.499, 305325.583
694（已完成调查）	5457.166	483883.390, 305344.777 483952.409, 305227.589 483960.344, 305214.115 483885.545, 305199.289 483883.390, 305344.777
694-1（本次补充调查）	19191.969	483733.499, 305325.583 483815.999, 305185.505 483885.545, 305199.289 483883.390, 305344.777 483862.724, 305379.866 483733.499, 305325.583



图 2.1-7 694 地块用地情况规划图

2.2 地块污染识别

2.2.1 地块污染分析

评价范围内原为六建模板分公司第一租赁站部分用地，六建模板分公司第一租赁站仅为模板的短期存放，不会对环境造成较大污染。

2.2.2 地块周边污染分析

地块污染主要受以下几个因素影响：

1、本次调查区域紧邻首钢电机厂，首钢电机厂场在修复过程中，基坑侧壁超标，因此，可能存在污染物的迁移。

2、调查地块正处于首钢主厂区高炉烟囱的排放下风向方向，直线距离为 1-2 公里，属于烟气沉降区，受首钢主厂区的大气沉降影响，大气排放源来自煤的装卸、混配、粉碎、皮带运输过程中烟尘的飞扬等，排放的大气污染物主要是烟尘。

3)、受主厂区施工过程中的扰动影响，评价区域内表层土壤可能存在潜在污染。

2.2.3 污染识别小结

调查区域潜在污染状况如表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 调查区域内潜在污染状况

调查区域	补充调查区域	周边区域
具体位置	694 厂区外侧地块	694 厂区内部地块（原首钢电机厂部分用地）及周边地块
调查区域潜在污染	六建模板分公司第一租赁站模板的短期存放，重点关注重金属、SVOCs。	1、基坑侧壁超标，检测超标污染物为重金属、SVOCs； 2、处于首钢主厂区高炉烟囱的烟气沉降区，重点关注重金属、SVOCs。

参考已批复的原《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》中首钢电机厂的污染因子及基坑侧壁超标情况，本区域存在的潜在污染物可能为重金属、SVOCs。

2.3 污染识别结论与建议

2.3.1 结论

通过此次调查区域进行初步污染识别，场区内未发生环境污染事故，没有明显的污染痕迹。

结合现场污染识别情况及已完成的基坑侧壁验收结果，本次调查区域范围受

原厂区电机厂污染迁移、粉尘飘落，以及主厂区大气沉降等因素的影响，调查区域可能存在潜在污染。按照相关导则规范要求，本地块需进一步开展现场采样调查工作。初步参考原《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》中首钢电机厂的污染因子，本区域存在的潜在污染物可能为重金属、SVOCs。

2.3.2 建议

依据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环保部 2017 年第 72 号附件)、《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)等相关技术导则，结合地块实际情况，建议采样采用网格布点的方法开展现场钻探采样工作，以便快速、准确的判断调查区域的污染状况及修复范围。

3 地块污染现场调查

3.1 土壤样品现场采集

3.1.1 土壤采样布点原则

现场调查过程中，主要采用网格布点原则，进行地块采样调查；现场采样过程中根据地块实际情况判断，实时调整采样点的位置，确保掌握整个地块的污染状况。

3.1.2 土壤采样布点方案

在地块污染识别的基础上，按照相关导则技术要求，采用网格布点的方法，在调查区域内进行土壤布点采样，采用详细调查的布点原则，布点密度 20m*20m，对污染区域、污染深度、污染物种类进行确认。

依据该地块区域水文地质资料，分析厂区内工程地质单元层的主要分布情况及特征，此次土壤采样点的计划采样深度自表土向下为：

第 1 层：0.2m 左右；

第 2 层：0.2-1m 左右；

第 3 层：1m-2m 左右；

第 4 层：2m-3.5m 左右；

第 5 层：3.5m-5m 左右；

在实际采样过程中，根据现场观察的实际情况和 PID、XRF 等现场快速测试设备测试结果辅助判断，适当调整采样深度和采样层数。

本次是针对厂区外围的补充调查，补充调查土壤采样孔 26 个，采集土壤样品 142 个（含平行样品 12 个）；测试重金属 142 个、测试 SVOCs 142 个。

调查区域土壤钻孔具体分布情况见下图 3.1-1。

调查区域土壤取样孔具体情况如表 3.1-1。

表 3.1-1 采样点位信息表

采样点	钻进深度 (m)	采样深度 (m)	测试指标
LJ20	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs

		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ21	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ22	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.2	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ23	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ24	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ25	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ26	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.1	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs

		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ27	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ28	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ29	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ30	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ31	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ37	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs

		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ38	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ39	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		1.8	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ40	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ41	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ42	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ43	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs

		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ44	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ45	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ46	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ 补 1	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ 补 2	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ 补 3	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs

		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs
LJ 补 19	5.0	0.2	重金属、SVOCs
		1.0	重金属、SVOCs
		2.0	重金属、SVOCs
		3.0	重金属、SVOCs
		5.0	重金属、SVOCs



图 3.1-1 土壤钻孔位置示意图

3.2 水文地质调查

该地块水文地质调查方法贯穿于该地块调查土壤污染调查的全过程，调查过程中进行土壤钻孔，在整个过程中记录每个采样孔的地层及相关现场特征信息，形成现场钻孔记录单，最终形成钻孔柱状图，见图 3.2-1。全部钻孔柱状图见附件 3 所示。此次补充调查区域水文地质条件参照主厂区场评报告中水文地质调查结果。

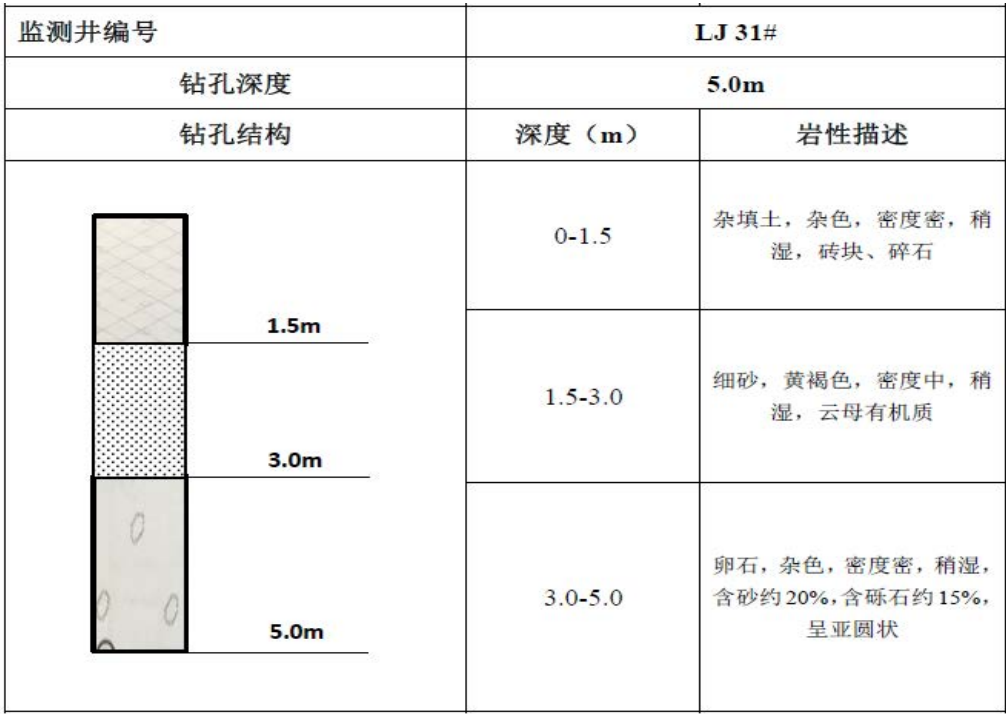


图 3.2-1 钻孔柱状图

3.3 土壤样品采集与保存

土壤采样按《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）的要求进行。采用 SH-30 型钻机进行土壤钻孔取样。土壤采样器根据不同土壤类型和污染物类型选择。现场土壤采样时应对采样器进行清洗，以防止交叉土样污染。

土壤样品采集方法主要为：重金属和 SVOCs 采用常规采样方法，直口玻璃瓶保存。现场使用 XRF 对土壤样品中的重金属含量进行快速检测。

现场样品采集与保存方法见表 3.3-1。

表 3.3-1 现场样品采集与保存方法

容器	指标类型	备注
直口瓶	SVOCs、重金属	采样后保温箱冷藏

现场过程如图 3.3-1 所示。



图 3.4-1 现场采样过程

3.4 实验室检测

3.4.1 检测项目

调查过程中，土壤检测因子具体如表 3.4-1 所示。

表 3.4-1 地块潜在污染区域土壤样品检测项目

区域编号	采样	土壤样品检测项目
694 厂区外侧 地块补充调查 区域	第 1 层	重金属、SVOCs
	第 2 层	重金属、SVOCs
	第 3 层	重金属、SVOCs
	第 4 层	重金属、SVOCs
	第 5 层	重金属、SVOCs

根据主厂区调查采样结果可知，694 地块厂区内部分区域存在的污染物主要是砷和多环芳烃，因此，694 地块厂区外侧补充调查区域的检测指标主要为重金属和半挥发性有机物 SVOCs。

3.4.2 样品分析方法

本次评价中涉及多种有机污染物，使用的土壤样品检测方法如表 3.4-2 所示。

表 3.4-2 土壤样品检测方法

序号	检测指标	检测方法	检测仪器
1	汞	《土壤质量总汞总砷总铅的测定原子荧光法第 1 部分：土壤中总汞的测定》GB/T 22105.1-2008	双刀原子荧光光度计
2	砷	《土壤质量总汞总砷总铅的测定原子荧光法第 2 部分：土壤中总砷的测定》GB/T 22105.1-2008	双刀原子荧光光度计
3	铅、镉、铬、镍、铜、锌等其他重金属	《电感耦合等离子体质谱法》EPA 6020A	电感耦合等离子体质谱仪
4	SVOCs	《气相色谱-质谱法测定半挥发性有机化合物》EPA 8270D	气质联用仪

3.5 全过程质量控制

调查中共采集土壤样品 142 件，其中平行样 12 个。实验室检测过程中共有实验室控制样 12 个，平行样 12 个，加标平行样 12 个，实验室控制样的回收率控制范围是 70.4%-125%，平行样控制范围为 0%-18.2%；加标平行样的控制范围是 0%-20.2%，符合质量控制要求。

4 地块调查结果分析

4.1 地块水文地质调查情况

根据钻探结果,地块地层主要由第四纪冲洪积相堆积物组成,沉积韵律明显,层位较稳定。根据现场调查数据分析,将地块调查范围深度上划分为6个地质单元层。各地质单元层的分布情况及特征见下表4.1-1。(参考主厂区调查报告内容)

表 4.1-1 地块地层分布一览表

地层编号	地层名称	地层底板埋深 (m)	地层厚度 (m)	地层描述及特征
1	杂填土	1.0-5.0m	1.0-5.0m	杂色;稍密;稍湿;包含砖块、混凝土块、碎石,砖渣、灰渣、植物根。砂土填土约35%
2	卵石	23-34.5m	20-29m	亚圆形级配较好,含中砂35%
3	卵砾石	32-32.5m	5.5-9m	亚圆形级配较好-
4	中砂	33.3-35m	0.5-0.8	含石英、云母
5	卵石	48-55m	13-21.7	亚圆形级配较好,含中砂35%
6	以下	未勘透	未勘透	未勘透

4.2 地块土壤污染特征分析

本次评价以北京市地方标准《场地环境评价导则》(DB11/T 656-2009)为主要参考标准对地块污染情况进行分析。

本次调查的区域范围内土地未来规划为居住用地,为了控制健康风险,将本次调查区域涉及的地块沿用原《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》中筛选值,以北京颁布的《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011)中的住宅用地情景筛选值为参照标准。

4.2.1 地块土壤中重金属污染特征

此次694地块厂区外围区域补充调查中共采集142个土壤样品进行开展重金属检测,检测指标为砷、镉、铬、铜、铅、镍、锌和汞共8项,共得到重金属检测数据1136个。其中,6种重金属(砷、铬、铜、铅、镍、锌)在调查区域内普遍检出,镉和汞检出程度较低。对比北京市地块土壤环境风险评价筛选值(DB11/T 811-2011)中的住宅用地标准,超过筛选标准值的污染物有4种,分别为砷、铅、镍和铜。

重金属超标污染物的检测结果所示,土壤样品中重金属砷的最小检测浓度为 2mg/kg,最大检测浓度为 33mg/kg,95%置信水平上限浓度值为 11.85mg/kg。重金属铅的最小检测浓度为 11.3mg/kg,最大检测浓度为 744mg/kg,95%置信水平上限浓度值为 117.72mg/kg。重金属镍的最小检测浓度为 13.4mg/kg,最大检测浓度为 7.95mg/kg,95%置信水平上限浓度值为 33.23mg/kg。重金属铜的最小检测浓度为 10mg/kg,最大检测浓度为 665mg/kg,95%置信水平上限浓度值为 104.04mg/kg。

通过统计分析,几种超标重金属的 95%置信水平上限浓度值均小于筛选值,铜的超标个数较少,且深度上及广度上均未出现超标现象,可认为这种重金属超标值为异常值。砷有 9 个样品超标,镍有 10 个样品超标,铅有 9 个样品超标,本报告中后续将针对砷、镍、铅开展风险评估计算。

4.2.2 地块土壤中 SVOCs 污染特征

调查区域内，共有 142 个土壤样品进行了 SVOCs 的检测分析，对比北京市场地土壤环境风险评价筛选值（DB11/T 811-2011）中的住宅用地标准，有 59 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，超过筛选值的 SVOCs 有苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、菲、荧蒽、芘、屈、苯并(k)荧蒽和苯并(g,h,i)花。

SVOCs 超标污染物的检测结果所示，其中，苯并(a)蒽超标个数为 35 个，最大超标倍数为 97.60；苯并(b)荧蒽超标个数为 44 个，最大超标倍数为 118.80；苯并(a)芘超标个数为 53 个，最大超标倍数为 230.50；茚并(1,2,3-cd)芘超标个数为 37 个，最大超标倍数为 315.50；二苯并(a,h)蒽超标个数为 55 个，最大超标倍数为 555.0；菲超标个数为 5 个，最大超标倍数为 25.40；荧蒽超标个数为 3 个，最大超标倍数为 2.46；芘超标个数为 1 个，最大超标倍数为 0.59；屈超标个数为 1 个，最大超标倍数为 0.1；苯并(k)荧蒽超标个数为 4 个，最大超标倍数为 1.98；苯并(g,h,i)花超标个数为 6 个，最大超标倍数为 18.44。

数据统计结果表明，菲、荧蒽、芘、屈、苯并(k)荧蒽、苯并(g,h,i)花六种物质的 95%置信水平上限值都低于其相应的筛选值，屈、苯并(k)荧蒽超标个数较少，且深度上及广度上均未出现超标现象，可认为这两种重金属超标值为异常值。本报告后续重点针对菲、荧蒽、芘、苯并(g,h,i)花、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘和二苯并(a,h)蒽开展风险评估计算。

4.2.3 污染物来源及成因分析

根据以上分析，可知该地块土壤中主要特征污染物为重金属及 SVOCs。694 外围地块的污染主要是受到 694 已完成区域内（原首钢电机厂）的影响。

1)、694 已完成区域在修复过程中，基坑侧壁超标，超标污染物亦为重金属及 SVOCs，因此，存在污染物迁移现象。

2)、受首钢主厂区的大气沉降影响，大气排放源来自煤的装卸、混配、粉碎、皮带运输过程中烟尘的飞扬等，排放的大气污染物主要是烟尘。

3)、施工过程中的扰动可能会造成表层土壤的潜在污染。

因此，本次 694 地块外围补充调查重金属及 SVOCs 的污染与 694 内侧已完成区域存在的污染相关。

4.3 地下水污染特征分析

根据已批复的《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》，在厂区布设 1 个地下水监测井。该地块调查地下水监测井使用汽车钻进行建井。地下水样品采集深度为 51m 左右。

调查在监测井 MW1 采集了 2 个地下水样品，对样品进行了重金属、VOCs、SVOCs 的检测分析，地下水检测结果见《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》附件 5 地下水样品检测报告。

地下水样品中检出物质主要包括重金属铜和砷，有机物氟二溴甲烷。地下水样品检测结果与国家《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）进行对比分析。地下水中重金属铜、砷的检测浓度均小于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）的 III 类水质标准。

同时，结合首钢主厂区监测井地下水样品水质检测结果，色度、嗅和味、浑浊度和肉眼可见物等感官性状指标均达到我国地下水质量 III 类标准，挥发酚、氰化物、碘化物和六价铬未检出；样品中重金属均未超标。样品中 SVOCs 未检出。VOCs 检测指标仅 7 项有检出，检出项主要包括苯、甲苯、乙苯、总二甲苯、三氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯，检出点位为首钢厂监测井 W1 号，且均未超过我国地下水质量 III 类标准。

综合以上调查数据，认为该调查地块区域内地下水重金属、SVOCs 和 VOCs 均未超过地下水质量 III 类标准，说明调查地块地下水基本没有受到潜在特征污染。

物的影响。

根据收集到的2014年10月调查区域的地下水水流场资料,在本次调查区域内,地下水有西北向东南东方向流动(摘自首钢厂区场地调查报告)。结合场区位置可见,本次调查区域内的监测井位于调查范围的中下游方向,同时本次调查区域内地下水坡降较小,流动较缓,本次调查区域内监测井可以代表在调查时本次调查区域的地下水水质。结合调查地块周边情况,分析认为该调查场区对下游地下水不产生污染影响。因此后续不再扩展到对外围周边地下水进行调查及分析。

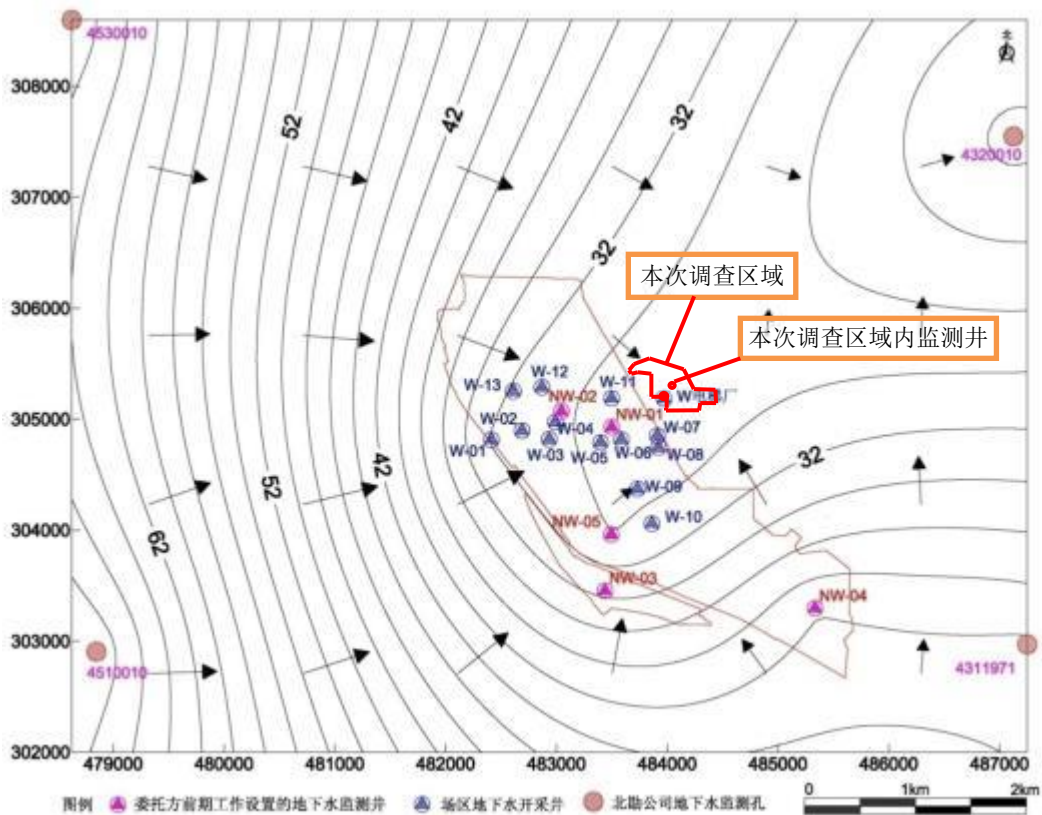


图 4.3-1 调查区域及周边其他地块地下水监测井位置相关性示意图

4.4 地块污染特征小结

1、通过网格布点方法对场区地进行采样调查,共布设土壤采样点 26 个,共采集土壤样品 142 个(含平行样品 7 个),其中重金属检测样品 142 个,SVOCs 检测样品 142 个。

2、本次评价以北京市地方标准——《场地环境评价导则》(DB11/T 656-2009)为主要参考标准对地块污染情况进行分析,主要以北京颁布的《场地土壤环境风

险评价筛选值》(DB11/T 811-2011)中的住宅用地情景筛选值为参照标准。

3、此次场地调查中对 142 个土壤样品进行重金属类物质检测,主要超标物质是砷、铅、镍和铜。

4、此次地块调查中对 142 个土壤样品进行 SVOCs 类污染物检测。土壤样品中主要的超标 SVOCs 物质是苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、菲、荧蒽、芘、屈、苯并(k)荧蒽、苯并(g,h,i)花。

5、根据样品检测结果的统计分析,需要重点关注的污染物主要包括砷、铅、镍、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、菲、荧蒽、芘和苯并(g,h,i)花。

6、需要对土壤污染中关注的特征污染物开展风险评估分析。

5 地块风险评估

5.1 地块风险评价程序

地块环境污染的风险影响主要步骤见图 5.1-1，具体为：

- (1) 风险识别或污染源分析：识别关心的污染物及暴露点的浓度；
- (2) 暴露分析：确认潜在暴露人口、暴露途径、暴露程度；
- (3) 毒性评价：综合暴露分析和毒性分析确定污染浓度水平与健康的反应之间的关系；
- (4) 风险评价：确定地块的环境及健康风险。

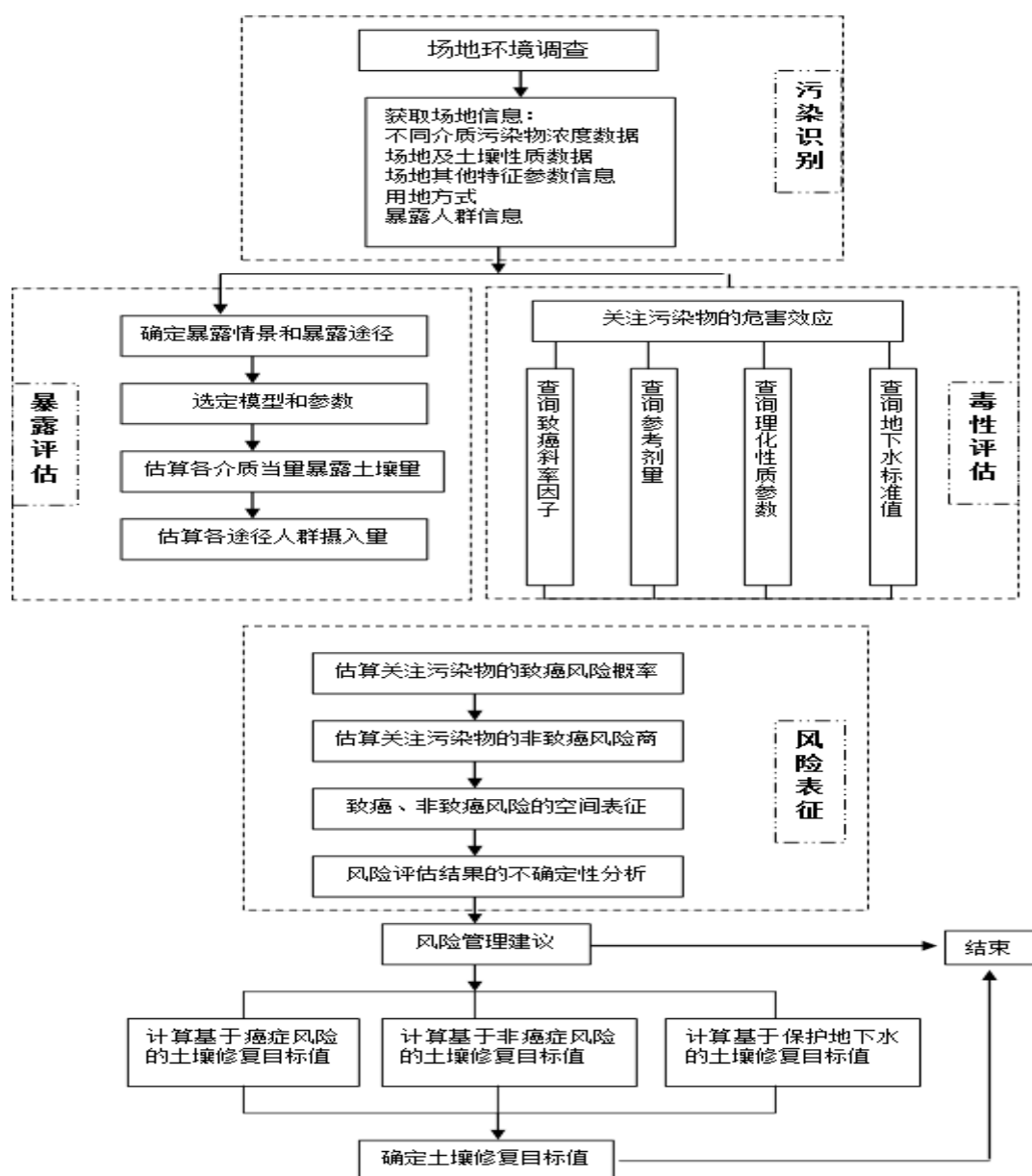


图 5.1-1 地块健康风险评价一般程序

5.2 风险识别

5.2.1 污染源分析

风险评价中的污染源是指可能对健康和环境产生不良影响的受污染的土壤。根据地块调查的检测分析结果，此次补充调查土壤中重点关注的污染物为砷、铅和 9 种多环芳烃类物质（主要包括苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘和二苯并(a,h)蒽等）。本次评价将对 694 地块补充调查区域进行风险评估计算。

5.2.1.1 重金属

砷，英文名称 Arsenic; As。

砷，是一种类金属元素，元素符号 As，单质以灰砷、黑砷和黄砷这三种同素异形体的形式存在。砷元素广泛的存在于自然界，共有数百种的砷矿物是已被发现。砷化合物可区分为有机砷及无机砷，有机砷化合物绝大多数有毒，有些还有剧毒。另外有机砷及无机砷中又分别分为三价砷(As_2O_3)及五价砷(NaAsO_3)，在生物体内砷价数可互相转变。

溶解性：不溶于水，溶于硝酸和王水，也能溶解于强碱，生成砷酸盐。

毒性：单质砷无毒性，砷化合物均有毒性。三价砷比五价砷毒性大，约为 60 倍。五价砷会在许多生化反应中与磷酸竞争，因为键结的不稳定，很快会水解而导致高能键（如 ATP）的消失。氢化砷被吸入之后会很快与红血球结合并造成不可逆的细胞膜破坏。低浓度时氢化砷会造成溶血（有剂量 - 反应关系），高浓度时则会造成多器官的细胞毒性。肠胃道、肝脏、肾脏、心血管系统、神经系统、皮肤系统、呼吸系统、血液系统、生殖系统均有可能造成不同程度的危害。砷急性中毒的表现症状为可有恶心、呕吐、口中金属味、腹剧痛、米汤样粪便等，较重者尿量减少、头晕、腓肠肌痉挛、发绀以至休克，严重者出现中枢神经麻痹症状，四肢疼痛性痉挛、意识消失等。砷中毒的症状可能很快显现，也可能在饮用含砷水十几年甚至几十年之后才出现。这主要取决于所摄入砷化物的性质、毒性、摄入量、持续时间及个体体质等因素。

致癌性：

皮肤癌：在长期食用含无机砷的药物、水以及工作场所暴露砷的人的研究中常常会发现皮肤癌。

肺癌：暴露三氧化二砷的提炼厂工人及五价砷农药的研究校正过二氧化硫及抽烟的暴露之后显示肺癌发生的机率较高。

铅，英文名称 lead; Pb。

铅是一种金属化学元素，其化学符号是 **Pb**，原子序数为 82，是原子量最大的非放射性元素。铅是柔软和延展性强的弱金属，有毒，也是重金属。铅原本的颜色为青白色，在空气中表面很快被一层暗灰色的氧化物覆盖。可用于建筑、铅酸蓄电池、弹头、炮弹、焊接物料、钓鱼用具、渔业用具、防辐射物料、奖杯和部份合金，例如电子焊接用的铅锡合金。亦可用作耐硫酸腐蚀、防电离辐射、蓄电池等的材料。其合金可作铅字、轴承、电缆包皮等之用，还可做体育运动器材铅球。

物理性质：铅是银白色的金属（与锡比较，铅略带一点浅蓝色），十分柔软，用指甲便能在它的表面划出痕迹。铅的熔点也很低，为 327℃，放在煤球炉里，也会熔化成铅水。

化学性质：空气中表面易氧化而失去光泽，变暗。溶于硝酸，热硫酸、有机酸和碱液。不溶于稀盐酸和硫酸。具有两性：既能形成高铅酸的金属盐，又能形成酸的铅盐。熔点 327.5℃，沸点 1740℃。密度 11.3347 克/立方厘米。

毒性：许多化学品在环境中滞留一段时间后可能降解为无害的最终化合物，但是铅无法再降解，一旦排入环境，很长时间仍然保持其毒性。由于铅在环境中的长期持久性，又对许多生命组织有较强的潜在性毒性，所以铅一直被列入强污染物范围。胃疼，头痛，颤抖，神经性烦躁突触数量降低，在最严重的情况下，可能人事不省，直至死亡。在很低的浓度下，铅的慢性长期健康效应表现为：影响大脑和神经系统。科学家发现：城市儿童血样即使铅的浓度保持可接受水平，仍然明显影响到儿童智力发育和表现行为异常。儿童发生铅中毒的概率是成年人的 30 多倍！其原因与儿童正处在生长发育阶段，许多器官尚不成熟，解毒功能不完善，对铅较敏感，以及接触机会较多有关。

铅对人体的毒害是积累性的，人体吸入的铅 25%沉积在肺里，部分通过水的溶解作用进入血液。血铅进入人体后是十分难排出的，同时血铅给人，尤其是儿童，造成的伤害是不可逆的。因此要格外重视血铅超标问题，要定期去做检测。血铅进入人体后相当大的比例以盐的形式储存在骨骼当中，且随着人的寿命增加，骨中的铅呈逐渐上升趋势。骨中的铅一般是不会转化为血铅的，因为其为不溶解

的形式。但在某些条件下，骨中的铅可以转化为血铅。

致癌性：致癌：铅的无机化合物的动物试验表明可能引发癌症。另据文献记载，铅是一种慢性和积累性毒物，不同的个体敏感性很不相同，对人来说铅是一种潜在性泌尿系统致癌物质。

致突变：用含 1%的醋酸铅饲料喂小鼠，白细胞培养的染色体裂隙-断裂型畸变的数目增加，这些改变涉及单个染色体，表明 DNA 复制受到损伤。

5.2.1.2 多环芳烃

多环芳烃是一类含有两个或两个以上苯环的碳氢化合物，一类是稠环芳烃，即苯环之间以稠环形式连接，如萘、蒽、菲等，另一类是非稠环芳烃，即苯环之间通过单键连接或通过一个或几个碳原子连接，如联苯、三联苯等。目前已知的多环芳烃有 200 多种。PAHs 室温下为固体，熔点和沸点高，难溶于水，易溶于有机溶剂，广泛存在于大气、水和土壤环境中。低分子量（2--3 环）PAHs 通常以气体形式存在，4 环 PAHs（如菲、蒽、荧蒽、芘等）以气态和固态两种形式存在，而 4 环以上 PAHs 通常吸附在颗粒物或散布在大气飘尘中，几乎所有的 PAHs 都分布在可吸入颗粒物上。

PAHs 具有致癌、致畸和致突变性，且其毒性随着苯环的增加而增加。目前已知的 500 多种致癌化合物中，有 200 多种是 PAHs 及其衍生物。其中，苯并(a)芘，二苯并(a,h)蒽等具有强致癌性。PAHs 可以通过消化道、呼吸道以及皮肤等进入人体，从而诱发皮肤癌、肺癌、直肠癌、膀胱癌等。众多 PAHs 中，受关注最多的是苯并(a)芘，因为苯并(a)芘具有强致癌性，当苯并(a)芘进入机体后，可被一些氧化酶激活，并代谢产生 7, 8-二氢二醇-9, 10-环氧化物等强致癌物，潜伏期可达 10-15 年。研究表明，苯并(a)芘浓度每上升 0.1 $\mu\text{g} / 100\text{m}^3$ ，肺癌死亡率上升 5%。PAHs 暴露于紫外光下时，会加速自由基的形成，使膜脂过氧化，从而损伤 DNA，引起人体遗传信息发生突变，形成光致毒效应。

多环芳烃极其稳定，难降解，会在环境中不断积累。1979 年，美国环保局公布了 16 种多环芳烃作为优先监测污染物，蒽、萘、二氢苊、苊、菲、芘、荧蒽、苊、苯(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、蒽、苯并(ghi)菲、二苯并(a, h)蒽、茚并(1, 2, 3-cd)芘。其中，萘、荧蒽、苯并[b]荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1, 2, 3-cd)芘、苯并(ghi)芘这 7 种多环芳烃被列入了“中国环境优先污染物黑名单”。下表为常见的多环芳烃类成分性质。

表 5.2-1 多环芳烃类成分性质表

化合物名称 Compound name	分子式 Molecular formulas	分子量 Molecular weight	Kow	环数 Numbers of rings	致癌性 Carcinogenicity
萘	C ₁₀ H ₈	128.2	3.28	2	
茚烯	C ₁₂ H ₈	152.2	4.07	2	
茚	C ₁₂ H ₁₀	154.2	3.98	3	
芴	C ₁₀ H ₁₀	166.2	4.18	3	
菲	C ₁₄ H ₁₀	178.2	4.45	3	
蒽	C ₁₄ H ₁₀	178.2	4.45	3	
荧蒽	C ₁₆ H ₁₀	202.3	4.90	4	助癌
芘	C ₁₆ H ₁₀	202.3	4.88	4	
屈	C ₁₈ H ₁₂	228.3	5.16	4	弱致癌
苯并蒽	C ₁₈ H ₁₂	228.2	5.61	4	强致癌
苯并(b)荧蒽	C ₂₀ H ₁₂	252.3	6.04	5	强致癌
苯并(k)荧蒽	C ₂₀ H ₁₂	252.3	6.06	5	强致癌
苯并芘	C ₂₀ H ₁₂	252.3	6.06	5	特强致癌
二苯并(a,h)蒽	C ₂₀ H ₁₄	278.4	6.84	6	特强致癌
苯并(g,h,j)花	C ₂₂ H ₁₂	276.3	6.50	6	助癌
茚并(1,2,3-cd)芘	C ₂₂ H ₁₂	276.3	6.58	6	相对较弱

下面对此次场评重点关注的多环芳烃类特征污染物的性质进行介绍。

苯并(a)蒽，英文名称：Benz(a)anthracene。

溶解性：黄棕色有荧光的片状物质，溶于乙醇、乙醚、丙酮和苯。

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。

致癌性：IARC 列为对实验动物有足够证据致癌物。Ames 试验鼠伤寒沙门

氏菌 TA100、TA98 +S9 阳性；小鼠皮下最小中毒剂量 2mg/kg 阳性；小鼠非肠道最小中毒剂量 8mg/kg 阳性；小鼠种植最小中毒剂量 80mg/kg 阳性；小鼠经皮最小中毒剂量 240mg/kg(5 周)阳性。

致突变性：微粒体致突变：鼠伤寒沙门氏菌 50μg/plate(JJIND8 62,893,79)；DNA 损伤：大肠杆菌 10μmol/L(MUREAV 89,95,81)

来源：本品存在于煤焦油、煤焦油沥青、杂酚油中，炼焦、各种烧煤烟道气、汽车发动机排气以及碳水化合物、氨基酸和酯肪酸在 700℃热解均有苯并(a)蒽存在。

苯并(a)蒽，英文名称: Benzo(a)pyrene, BaP。

无色至淡黄色、针状、晶体(纯品)，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。

苯并(a)蒽为一种突变和致癌物质，从 18 世纪以来，便发现与许多癌症有关。其在体内的代谢物二羟环氧苯并蒽，是产生致癌性的物质。

致癌：BaP 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-7β,8α-二醇体-9α,10α-环氧化物-苯并[a]蒽，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，所以，一般都把 BaP 作为大气致癌物的代表。

致畸：1000mg/kg，妊娠大鼠以口，胎儿致畸。

致突变：40mg/kg，1 次，田鼠经腹膜，染色体试验多种变化。小鼠，遗传表型试验多种变化。昆虫，遗传表型试验多种变化。微生物，遗传表型试验多种

变化。人体细胞培养 DNA 多种变化。

苯并(b)荧蒹，英文名称：Benzo[b]fluorathene; BbF。

溶解性：不溶于水，表面活性剂可增加其水中溶解度，在橄榄油中的溶解度为 0.6mg/2ml。

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。

毒性毒理：人们对环境中多环芳烃的毒性的全面研究还比较少。在环境中很少遇到单一的多环芳烃(PAH)，而 PAH 混合物中可能发生很多相互作用。PAH 化合物中有不少是致癌物质，但并非直接致癌物，必须经细胞微粒中的混合功能氧化酶激活后才具有致癌性。第一步为氧化和羟化作用，产生的环氧化物或酚类可能再以解毒反应生成葡萄糖苷、硫酸盐或谷胱甘肽结合物，但某些环氧化物可能代谢成二氢二醇，它依次通过结合而生成可溶性的解毒产物或氧化成二醇-环氧化物，这后一类化合物被认为是引起癌症的终致癌物。PAH 的化学结构与致癌活性有关，分子结构的改变，常引起致癌活性显著变化。在苯环骈合类的多环芳烃中有致癌活性的只是 4 至 6 环的环芳烃中的一部分。苯并[b]荧蒹的相对致癌性很强。

代谢、降解、蓄积：PAH 具有高度的脂溶性，易于经哺乳动物的内脏和肺吸收，能迅速地从血液和肝脏中被清除，并广泛分布于各种组织中，特别倾向于分布在体脂中。虽然 PAH 有高度的脂溶性，但是在动物或人的脂肪中几乎无生物蓄积作用的倾向，主要因为 PAH 能迅速和广泛地被代谢，代谢产物主要以水溶性化合物从尿和粪中排泄。在环境大气和水体中的 PAH 受到足够能量的阳光中紫外线的照射时会发生光解作用，土壤中的某些微生物可以使 PAH 降解，但分子量较大的苯并[b]荧蒹的光解、水解和生物降解是很微弱的。

二苯并(a,h)蒹，英文名称：Dibenz[a,h] anthracene。

溶解性：溶于石油醚、丙酮、乙酸、苯、甲苯、二甲苯和油类，微溶于乙醇和乙醚，不溶于水。

致癌：流行病学研究已证明人们暴露在含有二苯并(a,h)蒹的混合物中会增加肺癌的几率。动物研究证明暴露在二苯并(a,h)蒹中引起肿瘤、白血病、生殖困难、先天缺陷和体重下降。二苯并(a,h)蒹对中枢神经、血液毒性作用很强，对粘膜的刺激性及麻醉性极强。

除致癌性外，二苯并(a,h)蒽对人类健康还有很大的影响。毒性作用主要表现为引起血小板和白细胞减少，髓细胞性贫血及白血病，出现神经衰弱症候群，四肢麻木和痛觉减退，对新陈代谢产生影响，并对皮肤有损害和致敏作用，长期接触可出现皮肤粘膜出血倾向。

致突变作用：对水生物有剧毒，在水生环境可能会引起长期有害作用，微藻在蒽的胁迫下，生命体的生长会受到抑制，还可使体内活性氧积累而使微藻受到伤害。

茚并(1,2,3-cd)芘，英文名称：Indeno[1,2,3-cd]Pyrene; InP。

外观与性状，轻质石油中析出黄色片状或针状结晶，有淡绿色荧光。

溶解性：不溶于水，表面活性剂可增加其水中溶解度，在橄榄油中的溶解度为 0.6mg/2ml。

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

毒性毒理：茚并（1,2,3-cd）芘的相对致癌性较弱。

5.2.2 暴露点浓度

本次评价按照保守计算，将各场区不同污染物的最大浓度作为暴露点浓度值进行整体风险评估，未进行分层风险评估，不同场区污染物的暴露点浓度结果见下表 5.2-1。

表 5.2-1 调查区域暴露点浓度（单位：mg/kg）

指标 \ 场区	694 地块补充调查区域
砷	33
镍	79.5
铅	744
苯并(a)蒽	49.3
苯并(b)荧蒽	59.9
苯并(a)芘	46.3
茚并(1,2,3-cd)芘	63.3
二苯并(a,h)蒽	27.8
菲	132
荧蒽	173
芘	79.5

苯并(g,h,i)芘	97.2
------------	------

5.3 暴露分析

人体周围的环境，包括空气、水、土壤、产品等，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。暴露点化学物质的浓度定义为暴露浓度。暴露评估指定量或定性估计暴露量、暴露频率、暴露期和暴露方式，可概述为 3 步：描述暴露背景、识别暴露途径和暴露量化。

5.3.1 暴露对象

确定地块环境污染的健康风险暴露对象和暴露途径是地块风险评估的关键之一。暴露对象和暴露途径主要依据地块的未来用途确定。

本次评价区域在棚户区改造范围内，为了最大可能地保护地块未来利用过程中人体健康和生态环境，设定本次评价的暴露对象为居住人员。由于土壤污染深度较浅，在评价过程中，将污染土壤作为表层土壤进行风险评估。

5.3.2 暴露途径

住宅类用地方式下，表层土壤受到污染，居住人群可因不慎经口摄入污染土壤而暴露于污染物，可因皮肤接触污染土壤而暴露于污染物，也可因吸入室内和室外空气中的污染物而产生健康危害。本次评价地块的污染地块风险评估的概念模型如图 5.3-1 所示。

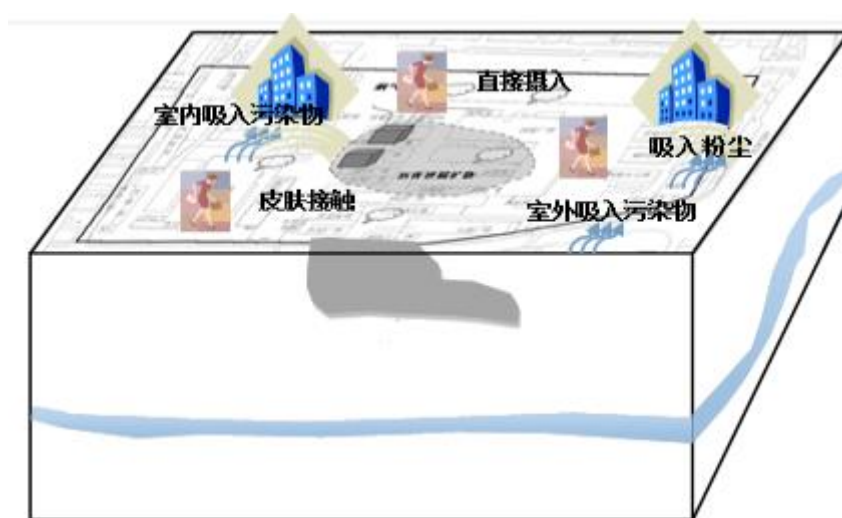


图 5.3-1 地块暴露途径概念模型图

通过地块前期调查与数据分析工作确定地块的主要污染物为重金属和多环

芳烃类。依据北京市场地环境评价导则（DB11/T 656-2009），结合地块可能的清挖和未来的使用情景判断，进行暴露途径分析。

表层污染土壤主要暴露途径包括不慎直接摄入、通过皮肤直接接触土壤、通过呼吸吸入土壤尘而摄污染物和通过呼吸空气中挥发的污染物而摄入污染物而产生危害。污染物暴露途径图见图 5.3-2。

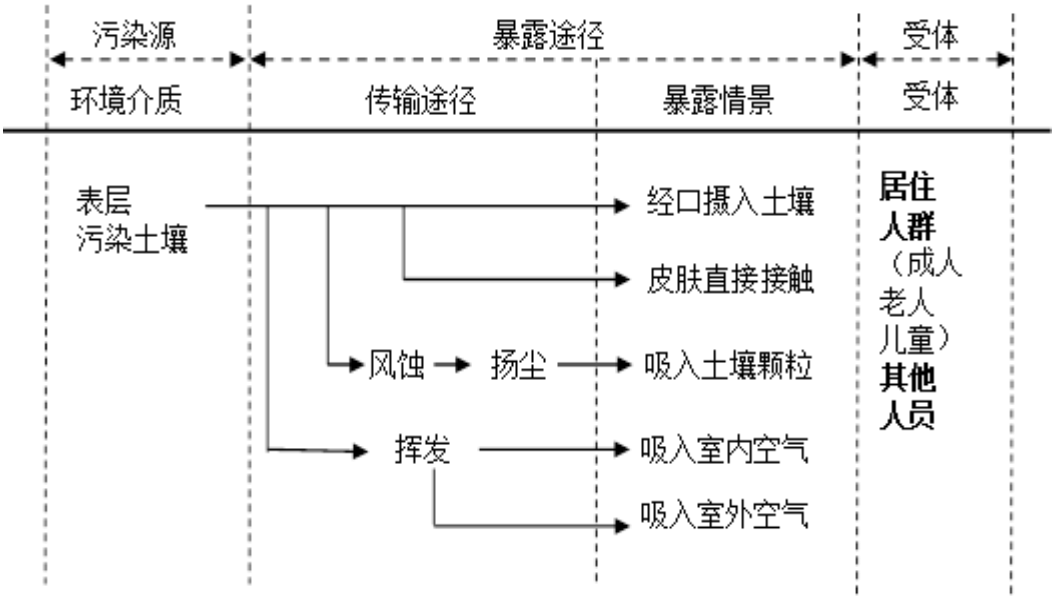


图 5.3-2 污染地块暴露途径示意图

5.3.3 暴露参数

暴露参数采用原《北辛安棚户区改造项目地块环境评价报告》中的相关参数。主要包括暴露频率、暴露期、土壤的摄入量和人体的相关参数。人体相关参数如体重、寿命、空气呼吸率和日饮水量等，土壤经口摄入量、暴露频率和暴露期等主要参照主要参考《场地环境评价导则》（DB11/T656-2009）和《污染场地风险评估导则》（HJ25.2-2014）推荐的相关参数，风险评价中各层土壤的相关参数主要通过现场实测获取，部分数据由经验公式计算得出，见表 5.3-1。

表 5.3-1 地块风险评估模型参数及推荐值

人体参数（居住）			来源
参数	儿童	成人	
致癌作用时间(yr)	70		DB11/T656
非致癌作用时间(yr)	6	30	DB11/T656

体重(Kg)	15	60	DB11/T656
暴露持续时间(yr)	6	30	DB11/T656
空气中的暴露时间(yr)	30		DB11/T656
暴露频率(d/a)	350		HJ25.3
皮肤暴露频率(d/a)	350		HJ25.3
皮肤暴露表面积 cm ²	1600	4350	DB11/T656
皮肤的土壤吸附参数	0.5		RBCA 系统推荐值
土壤摄入量 (mg/d)	200	100	HJ25.3
迁移模型参数			
室外空气挥发因子	表层土壤挥发模型使用 ASTM Model		
室内空气挥发因子	Johnson&Ettinger model		
土壤淋滤到地下水因子	使用 ASTM Model		
模型操作	不使用质量平衡限制		
土壤参数			
地下水埋深	51m		实测平均
毛细带厚度	0.05m		实测平均
土壤层厚度	50.95m		实测平均
	包气带/Vadose Zone	毛细带/Capillary Fringe	
体积含水量	0.15	0.414	实测平均
体积空气含量	0.31	0.046	实测平均
总孔隙度	0.46		实测平均
干容积密度	1.6Kg/L		实测平均
垂向水力传到系数	559.008cm/d		实测平均
气体渗透性	7.2E-12 m ²		实测平均

毛细带厚度	0.05m	实测平均
区域降水量	40cm/yr	查阅资料
土壤有机碳含量	0.01	实测平均
土壤/水 pH	7.7	实测平均
室外空气参数		
空气混合区高度	2m	HJ25.3
空气混合区的空气流速	2.25m/s	RBCA 系统推荐值
颗粒扩散因子	0.0000000000069kg/m ³	RBCA 系统推荐值
区域颗粒浓度	1.9E-14g/cm ² /s	RBCA 系统推荐值
室内空气参数		
室内空间体积与气态污染物入渗面积比	2m	HJ25.3
室内地板面积	70 m ²	HJ25.3
室内地板周长	34m	HJ25.3
室内空气交换率	0.00014 次/s	HJ25.3
室内地基深度	0.15m	HJ25.3
地基和墙体裂隙表面积所占比例	0.001	HJ25.3
地基裂隙中水体积比	0.12	HJ25.3
地基裂隙中空气体积比	0.26	HJ25.3
地下水参数		
水力传导系数	300m/d	RBCA 系统推荐值
水力坡度	0.002	RBCA 系统推荐值
有效孔隙度	0.38	RBCA 系统推荐值

5.3.4 暴露量计算

本项目所假定的情景涉及的暴露①直接不慎摄入污染土壤；②经皮肤接触污染土壤而吸收土壤中污染物；③通过呼吸系统吸入土壤尘或挥发性气体。各种暴

露途径的摄入量的计算如下：

① 直接不慎摄入污染土壤

$$EDI_{\text{直接摄入}} = \frac{CS \times IR \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

式中：

EDI——因不慎摄入土壤而摄入的污染物（mg/(kg·d)）

CS——土壤中化学物质浓度，mg/kg；

IR——土壤摄入量，mg/d；

CF——转换系数，kg/mg，数值为 10^{-6} ；

EF——暴露频率，d/a；

ED——暴露年限，a；

BW——体重，kg；

AT——平均作用时间，d。

② 经皮肤接触污染土壤而吸收土壤中污染物

通过皮肤直接接触土壤并吸收土壤污染物的摄入量可用下列公式计算出：

$$EDI_{\text{皮肤接触}} = \frac{CS \times CF \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

式中：

CS 化学物质与土壤中的浓度，mg/kg；

CF——转换系数，kg/mg；

SA——可能接触土壤的皮肤面积，cm²/d；

AF——土壤对皮肤的吸附系数，mg/cm²；

ABS——皮肤吸收系数；

EF——暴露频率，d/a；

ED——暴露年限，a；

BW——体重，kg；

AT——平均作用时间，d。

③ 通过呼吸系统吸入土壤尘或挥发性气体

通过摄入土壤尘而摄入化学元素量 EDI（mg/(kg·d)）可按下式计算：

$$EDI_{\text{呼吸摄尘}} = \frac{IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times C_{\text{air}}$$

$$C_{air} = CS \times \frac{P_e \times W}{U_{air} \times \delta_{air}} \times CF$$

式中：

CS——土壤中化学物质浓度，mg/kg；

IR——空气摄入量，m³/d；

EF——暴露频率，d/a；

ED——暴露年限，a；

BW——体重，kg；

AT——平均作用时间，d；

C_{air}——空气中化学物质浓度，mg/m³；

P_e——扬尘逸散速率，g/cm²·sec；

W——风向平行方向上污染源最大宽度，cm；

U_{air}——污染源上方平均风速，cm/sec；

δ_{air}——污染源上方空气混合层高度，cm；

CF——单位转换因子，cm³/kg·m³/g，数值为10⁻³。

5.4 毒性评价

污染物质对人体产生的不良效应以剂量~反应关系表示。对于非致癌物质如具有神经毒性、免疫毒性和发育毒性等物质，通常认为存在阈值现象，即低于该值就不会产生可观察到的不良效应。对于致癌和致突变物质，一般认为无阈值现象，即任意剂量的暴露均可能产生负面健康效应。

5.4.1 非致癌物质毒性效应

对于非致癌物质，假定其在高浓度条件下都会产生不良的健康效应；然而，当剂量非常低时，不存在或观察不到典型的不良效应。因此，定性化学物质的非致癌效应时，关键参数是阈值剂量。阈值指在此剂量下不良的效应开始出现。低于阈值剂量被认为是安全的，而高于阈值剂量可能会导致不良的健康效应。

本次评价中采用的慢性参考剂量和参考浓度及其来源见表 5.4-1。

5.4.2 致癌物质的效应评价

致癌效应的剂量~反应关系是以各种关于剂量和反应的定量研究为基础建立的，如动物实验学实验数据、临床学和流行病学统计资料等。由于人体在实际环

境中的暴露水平通常较低，而实验学或流行病学研究中的剂量相对较高，因此，在估计人体实际暴露情形下的剂量~反应关系时，常常利用实验获取的剂量~反应关系数据推测低剂量条件下的剂量~反应关系，称为低剂量外推法。

本次评价中采用的致癌斜率及参考浓度及其来源见表 5.4-1。

5.4.3 毒性参数

污染物的人体健康毒性参数主要参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》编制说明。见表 5.4-1。

表 5.4-1 特征污染物毒性参数表

污染物	英文名称	CAS 序号	参考剂量 (RfD)		参考浓度	致癌斜率		单位致癌系数	皮肤吸收因子
			(mg/kg/day)		(mg/m ³)	1/(mg/kg/day)		1/(μg/m ³)	
			经口	经皮肤	呼吸	经口	经皮肤	呼吸	
砷	arsenic	7440-38-2	0.0003	0.0003	-	1.5	1.5	0.0043	0.03
镍	Nickel	7440-02-0	0.002	0.002	--	--	--	0.26	--
苯并(a)蒽	Benzanthrene	56-55-3	-	-	-	1.00E-01	1.00E-01	6.00E-05	0.13
苯并(a)芘	Benzo (a) pyrene	50-32-8	-	-	-	1.00E+00	1.00E+00	6.00E-04	0.13
苯并(b)荧蒽	Benzo (b) fluoranthene	205-99-2	-	-	-	1.00E-01	1.00E-01	6.00E-05	0.13
二苯并(a,h)蒽	Dibenz-a,h-anthracene	53-70-3	-	-	-	1.00E+00	1.00E+00	6.00E-04	0.13
茚并(1,2,3-cd)芘	Indeno (1,2,3-cd) pyrene	193-39-5	-	-	-	1.00E-01	1.00E-01	6.00E-05	0.13
菲	Phenanthrene	85-01-8	0.03	0.03	-	-	-	-	-
荧蒽	Fluoranthene	206-44-0	0.04	0.04	-	-	-	-	0.13
芘	Pyrene	129-00-0	0.03	0.03	-	-	-	-	0.13
苯并(g,h,i)芘	Benzo[ghi]perylene	191-24-2	0.03	0.03	-	-	-	-	-

注：主要参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》编制说明。

5.5 风险评价

5.5.1 工作内容

风险表征的主要工作内容包括单一污染物的致癌和非致癌风险的计算、所有关注污染物的致癌和非致癌风险计算。

5.5.2 风险表征

风险表征应按照每个采样点样品中关注污染物分析浓度数据，计算致癌风险值和危害商值。本次风险评价根据调查区域内的暴露点浓度值计算致癌风险值和危害商值。

本次风险评价将考虑致癌和非致癌两种不同的健康影响风险。

①致癌风险评价

致癌风险值是通过平均到整个生命期的平均每天摄入量 EDI 乘以经口、经皮肤或直接吸入致癌斜率系数（CSF）计算得出。即

$$HI = EDI \times CSF$$

EDI——平均每天摄入量（按寿命周期为 70 岁计）， $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ ；

CSF——各类途径的致癌风险斜率系数， $(\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d}))^{-1}$ 。

②非致癌风险计算

非致癌风险值可通过每天摄入量（平均到整个暴露作用期）除以每一途径的慢性参考剂量来计算。即：

$$HI = EDI / RfD;$$

HI=风险值；

EDI=每天摄入量（平均到整个暴露作用期）， $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ ；

RfC=参考剂量， $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。

每个化学物质总的非致癌风险等于通过各种途径非致癌风险值的总和。

5.5.3 RBCA 风险计算软件介绍

本次地块风险评估使用的计算软件是美国的 RBCA（Risk-Based Corrective Action）Version2.5 模型。RBCA 模型是由美国 GSI 公司根据美国试验与材料学会（ASTM）“基于风险的矫正行动”（Risk-Based Corrective Action）标准开发，旨在完成 RBCA 计划中的地块风险评价，并可用来制定基于风险的土壤筛选水平（SSLs）及初步修复目标（PRGs），已在美国各州及世界多个国家和地区得到广泛的应用，是目前国际上较为完

善和先进的环境风险评价模型。其主界面见图 5.5-1。

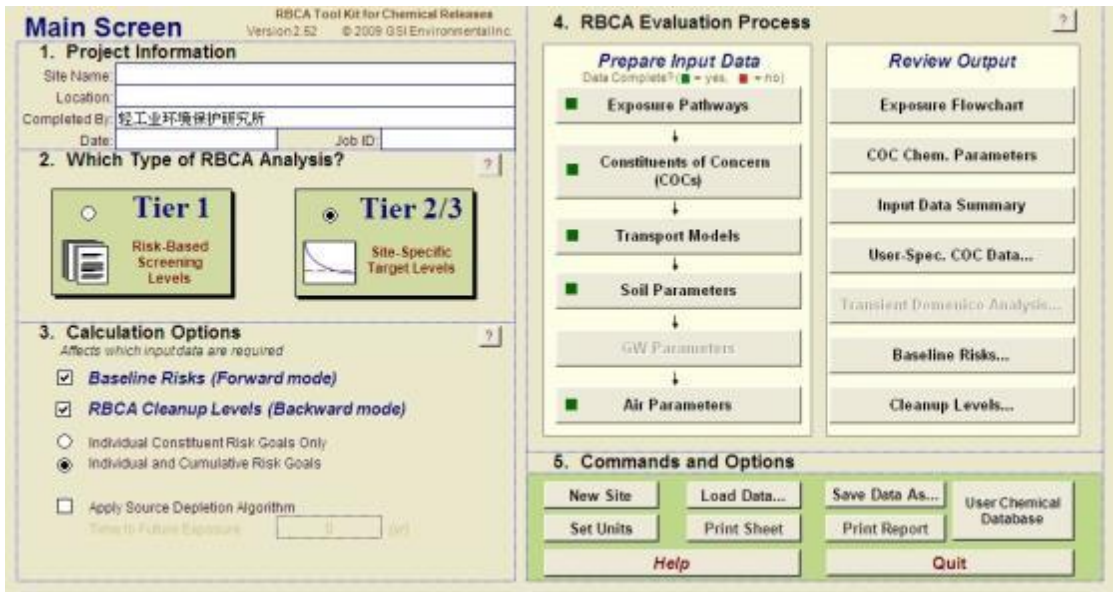


图 5.5-1 RBCA 模型主界面

RBCA 模型按照美国 EPA 的化学物质分类，将化学物质分为致癌与非致癌两类。在计算地块特征筛选值时，对于致癌物质，风险水平设定为 10^{-6} ；对于非致癌物质，危害指数判定标准设定为 1，不计算污染物累积风险。对于具有致癌与非致癌双重效应的物质，取二者之中的最小值作为筛选值；RBCA 模型分别计算直接摄入、皮肤接触、空气挥发等暴露途径的筛选值，取其中最小值作为地块特征筛选值。

第一步：将利用 RBCA toolkit 计算出健康风险水平。

第二步：计算每一情景下每一个污染物的累计风险。

$$HI_{i,j} = \sum_k HI_{i,j,k}$$

其中：i 为污染种类，j 情景，k 为土层。

第三步：根据土壤的累积风险值，利用 RBCA toolkit 计算每个关键污染物的修复目标。

5.5.4 土壤污染风险计算

考虑到该地块后续土地利用拟作为住宅用地开发，采用最保守的暴露途径，进行该地块土壤扰动情景下的风险计算。考虑不同特征污染物的致癌风险和非致癌风险。其计算结果见表 5.5-1。

表 5.5-1 地块污染物健康风险计算结果汇总表

场地 污染物	694 地块补充调查区域	
	致癌风险	危害商
苯并（a）蒽	1.72E-05	-
苯并（b）荧蒽	2.09E-05	-
苯并（a）芘	1.62E-04	1.01E+01
茚并（123-cd）芘	2.22E-05	-
二苯并（ah）蒽	9.69E-05	-
砷	1.18E-04	1.27E+00
荧蒽	-	8.76E-02
芘	-	5.37E-02
苯并（ghi）花	-	6.56E-02
菲	-	8.91E-02
镍	8.56E-08	--
累计风险值	4.37E-04	1.17E+01

根据风险计算结果，调查区域的致癌风险都超过了可接受的致癌风险 $1.0\text{E-}6$ ，需要对污染土壤进行修复治理。

调查区域内的累积致癌风险是 $4.37\text{E-}04$ ，危害商是 $1.17\text{E+}01$ ；后期需要对污染土壤进行修复处理，主要关注污染物是砷、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（123-cd）芘、二苯并（ah）蒽、荧蒽、芘、苯并（ghi）花和菲。

5.5.5 土壤污染风险贡献率分析

通过对地块土壤污染的调查及评估，可以看出地块土壤中有多对对人体健康有害的污染物，可通过多种途径对人体产生危害。根据风险评估所考虑的污染物及暴露途径的种类，评估单一污染物、单一暴露途径对总风险的贡献率，可筛选出风险贡献率大的污染物及暴露途径，为后期地块土壤的风险管理对策制定提供参考和依据。

本部分主要分析该地块致癌特征污染物经吸入空气、经口摄入和皮肤接触 3 种暴露途径对人体健康风险的贡献率。

场区的累积致癌风险是 $4.37\text{E-}04$ ，主要关注污染物是砷、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽。

根据表 5.5-2 的数据，单一污染物中致癌风险贡献率最高为苯并（a）芘，风险贡献率为 36.95%；其次为砷贡献率为 27.09%；二苯并(ah)蒽的贡献率为 22.17%；茚并(123-cd)芘的贡献率为 5.07%；苯并（b）荧蒽贡献率为 4.78%；苯并（a）蒽的贡献率为 3.94%。

表 5.5-2 694 地块补充调查区域内土壤中单一污染物的致癌风险

污染物	不同暴露途径的致癌风险			单一污染物致癌风险	单一污染物致癌风险贡献率
	呼吸接触	经口摄入	皮肤接触		
苯并（a）蒽	4.20E-07	1.14E-05	5.43E-06	1.72E-05	3.94%
苯并（b）荧蒽	4.87E-07	1.38E-05	6.60E-06	2.09E-05	4.78%
苯并（a）芘	3.61E-06	1.07E-04	5.10E-05	1.62E-04	36.95%
茚并（123-cd）芘	4.76E-07	1.47E-05	6.98E-06	2.22E-05	5.07%
二苯并（ah）蒽	2.09E-06	6.42E-05	3.06E-05	9.69E-05	22.17%
砷	1.75E-05	8.92E-05	1.18E-05	1.18E-04	27.09%
单一途径致癌风险	2.46E-05	3.00E-04	1.12E-04	4.37E-04	--

该调查地块内污染土壤的非致癌风险的危害商是 $1.17\text{E}+01$ ，大于危害商的可接受值 1。主要的非致癌风险来源是土壤中的苯并（a）芘和砷。

从不同暴露途径的风险贡献率分析，本次调查的地块内，对致癌风险影响最大的暴露途径主要是经口摄入；调查区域内的污染物呼吸接触对致癌风险的贡献率最小。

5.6 Pb 健康风险评估

重金属 Pb 的暴露途径与模型不同于一般污染物，其风险评估采用单独的评价方式——血铅（blood lead）浓度评价方式。

由于本次调查地块规划为居住用地，按照相关要求，风险评估对象是儿童时，须考虑的暴露途径主要有 5 种：通过空气呼吸摄入、食物摄入、饮水摄入、土壤/灰尘经过皮肤接触与母乳摄入。对本地块土壤中铅的最大值和平均值如下表所示，铅的筛选值参

考 2018 年 8 月 1 日实施的国家标准《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600--2018）中的建设用地第一类用地情景筛选值和北京市《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）中的住宅用地情景筛选值，重金属铅的筛选值为 400mg/kg。

表 5.6-1 调查区土壤中铅浓度统计

采样点	采样深度（m）	样品浓度（mg/kg）
筛选值	-	400
LJ26-2.0	2.0	474
LJ26-3.0	3.0	405
LJ27-0.2	0.2	610
LJ27-1.0	1.0	638
LJ27-2.0	2.0	456
LJ27-3.0	3.0	744
LJ44-0.2	0.2	624
LJ44-1.0	1.0	694
LJ-补 1—0.2	0.2	408

本次地块调查中，在 LJ26、LJ27、LJ44、LJ-补 1 共 4 个点位处的不同深度检出重金属铅超标。综合考虑地块情况、超标点位分布、超标深度、重金属铅检出浓度等情况，采用美国国家环保署开发的 IEUBK（the Integrated Exposure Uptake Biokinetic）模型，该模型针对儿童血铅浓度进行计算评估。

按风险控制要求，经 5 种暴露途径（空气呼吸摄入、食物摄入、饮水摄入、土壤/灰尘经过皮肤接触与母乳摄入）而导致的儿童体内血铅水平 $>10\text{ }\mu\text{g/dL}$ （ 0.1mg/L ）的概率应 $<5\%$ 。

血铅浓度计算 IEUBK 模型中 5 种暴露方式计算参数见表 5.6-2 至 5.6-6 所示。

5.6-2 血铅计算中血铅浓度含量及部分参数值

变量	血铅模型中血铅浓度及各参数	单位	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES 1999-2004	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES III (Phases 1&2)
PbS	基于人体健康风险的土壤铅环境筛选值	ug/g or ppm	2240	1235
Rfetal/maternal	胎儿与母亲血铅含量相关系数 Fetal/maternal PbB ratio	--	0.9	0.9
BKSF	血铅与每日摄入体内铅含量的斜率系数	ug/dL per ug/day	0.4	0.4
	Biokinetic Slope Factor			
GSDi	育龄妇女血铅含量几何标准差	--	1.8	2.1
	Geometric standard deviation PbB			
PbB0	无铅暴露时育龄妇女的血铅背景水平 Baseline PbB	ug/dL	1	1.5
IRS	每日土壤摄入率	g/day	0.05	0.05
	Soil ingestion rate (including soil-derived indoor dust)			
IRS+D	Total ingestion rate of outdoor soil and indoor dust	g/day	--	--
WS	Weighting factor; fraction of IRS+D ingested as outdoor soil	--	--	--
KSD	Mass fraction of soil in dust	--	--	--
AFS, D	肠胃对摄入体内铅的吸收效率	--	0.12	0.12
	Absorption fraction (same for soil and dust)			
EFS, D	每年平均暴露于铅污染场景的天数	days/yr	219	219
	Exposure frequency (same for soil and dust)			
ATS, D	长期暴露平均时间	days/yr	365	365
	Averaging time (same for soil and dust)			
PbBadult	暴露于铅污染地块的孕妇血铅平均含量 目标值	ug/dL	4.2	3.3
	PbB of adult worker, geometric mean			
PbBfetal, 0.95	胎儿血铅含量的 95%概率目标值	ug/dL	10	10
	95th percentile PbB among fetuses of adult workers			
PbBt	关注目标的血铅水平	ug/dL	10	10
	Target PbB level of concern (e.g., 10 ug/dL)			
P(PbBfetal > PbBt)	Probability that fetal PbB > PbBt, assuming lognormal distribution	%	5.00%	5.00%

5.6-3 血铅计算中各种暴露方式计算参数表

(经过空气呼吸摄入)

儿童年龄	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
空气中 Pb 浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
室外活动时间 (h/d)	1	2	3	4	4	4	4
通风换气量 (m^3/d)	2	3	5	5	5	6	7
肺吸收率 (%)	32	32	32	32	32	32	32
备注	1、室内空气中 Pb 浓度按室外空气中 Pb 浓度的 30% 计算; 2、其余参数均参考美国国家环保署数据。						

5.6-4 血铅计算中各种暴露方式计算参数表

(经过食物摄入)

儿童年龄	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
通过食物摄入 Pb ($\mu\text{g}/\text{d}$)	2.26	1.96	2.13	2.04	1.95	2.05	2.22
备注	参数参考美国国家环保署数据						

5.6-5 血铅计算中各种暴露方式计算参数表

(经过饮水摄入)

儿童年龄	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
水摄入量 (L/d)	0.2	0.5	0.52	0.53	0.55	0.58	0.59
水中 Pb 浓度 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	4						
备注	参数参考美国国家环保署数据						

5.6-2 血铅计算中各种暴露方式计算参数表

(通过土壤经过皮肤接触和母乳摄入)

儿童年龄	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
土壤摄入量 (g/d)	0.085	0.135	0.135	0.135	0.100	0.090	0.085
母乳中 Pb 含量 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	2.5						
备注	参数均参考美国国家环保署数据						

根据 IEUBK 模型计算结果表明, 地块土壤 Pb 含量 $\leq 603 \text{ mg/kg}$ 时, 可满足经 5 种暴露途径导致的儿童体内血铅水平 $>10 \mu\text{g}/\text{dL}$ ($0.1\text{mg}/\text{L}$) 的概率 $<5\%$ 的要求。

根据地块调查结果显示, 本地块最大铅浓度值为 $744\text{mg}/\text{kg}$, 部分区域的铅浓度值

高于该修复行动值（603 mg/kg），健康风险水平超过了可接受范围，则需根据地块实际情况分析确定修复目标值，采取必要的风险管理手段。

5.7 风险评价不确定性分析

本次风险评价采用了《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600--2018）和《污染场地风险评估导则》（HJ25.2-2014）中推荐的人体参数和房屋模型参数及现场实测数据，同时本次风险评价中将所调查区域作为居住用地进行风险评估，评估结果比较保守。这些参数可能对地块风险和修复目标值的计算存在影响。

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中的相关要求，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。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）与致癌风险或危害商（从 X1 变化到 X2）发生变化的比值。敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响越大。计算公式为：

$$SR = \frac{(X2 - X1) / X1}{(P2 - P1) / P1} * 100\%$$

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 计算的致癌风险或危害商，无量纲

X2-按 P2 计算的致癌风险或危害商，无量纲

本项目主要暴露途径是经口摄入，砷、苯并（a）芘、二苯并（ah）蒽的单一污染物致癌风险贡献率分别为 27.09%、36.95%、22.17%，需进行敏感性分析。

选用成人暴露期参数，由 RBCA 系统参数 30a 调整至《污染场地风险评估导则》（HJ25.2-2014）中推荐参数 24a。

选用成人平均体重，由《场地环境评价导则》（DB11/T656）参数 60kg 调整至《污染场地风险评估导则》（HJ25.2-2014）中推荐参数 56.8kg。

计算结果见表 5.6-1、表 5.6-2。

表 5.6-1 模型参数（成人暴露期参数）变化前后单一污染物风险贡献率分析一览表

污染物	成人暴露期参数（30a）						成人暴露期参数（24a）						经口摄入 敏感性比 例
	呼吸接触		经口摄入		皮肤接触		呼吸接触		经口摄入		皮肤接触		
苯并（a）蒽	4.20E-07	2.43%	1.14E-05	66.09%	5.43E-06	31.48%	3.36E-07	2.18%	1.07E-05	69.51%	4.36E-06	28.31%	24.25%
苯并（b）荧蒽	4.87E-07	2.33%	1.38E-05	66.07%	6.60E-06	31.60%	3.90E-07	2.08%	1.30E-05	69.58%	5.30E-06	28.34%	22.85%
苯并（a）芘	3.61E-06	2.23%	1.07E-04	66.21%	5.10E-05	31.56%	2.89E-06	2.00%	1.01E-04	69.64%	4.10E-05	28.36%	24.02%
茚并（123-cd）芘	4.76E-07	2.15%	1.47E-05	66.35%	6.98E-06	31.50%	3.79E-07	1.92%	1.38E-05	69.69%	5.60E-06	28.38%	25.85%
二苯并（ah）蒽	2.09E-06	2.16%	6.42E-05	66.26%	3.06E-05	31.58%	1.67E-06	1.93%	6.04E-05	69.69%	2.46E-05	28.38%	23.75%
砷	1.75E-05	14.77%	8.92E-05	75.27%	1.18E-05	9.96%	1.40E-05	13.04%	8.39E-05	78.14%	9.47E-06	8.82%	23.91%

表 5.6-2 模型参数（成人平均体重）变化前后单一污染物风险贡献率分析一览表

污染物	成人平均体重（60kg）						成人平均体重（56.8kg）						经口摄入 敏感性比 例
	呼吸接触		经口摄入		皮肤接触		呼吸接触		经口摄入		皮肤接触		
苯并（a）蒽	4.20E-07	2.43%	1.14E-05	66.09%	5.43E-06	31.48%	4.20E-07	2.41%	1.15E-05	65.73%	5.56E-06	31.86%	-9.94%
苯并（b）荧蒽	4.87E-07	2.33%	1.38E-05	66.07%	6.60E-06	31.60%	4.87E-07	2.30%	1.39E-05	65.80%	6.75E-06	31.90%	-16.92%
苯并（a）芘	3.61E-06	2.23%	1.07E-04	66.21%	5.10E-05	31.56%	3.61E-06	2.21%	1.08E-04	65.86%	5.22E-05	31.93%	-11.05%
茚并（123-cd）芘	4.76E-07	2.15%	1.47E-05	66.35%	6.98E-06	31.50%	4.74E-07	2.12%	1.47E-05	65.92%	7.13E-06	31.95%	-1.90%
二苯并（ah）蒽	2.09E-06	2.16%	6.42E-05	66.26%	3.06E-05	31.58%	2.09E-06	2.13%	6.46E-05	65.92%	3.13E-05	31.95%	-12.41%
砷	1.75E-05	14.77%	8.92E-05	75.27%	1.18E-05	9.96%	1.75E-05	14.66%	8.98E-05	75.23%	1.21E-05	10.11%	-11.65%

经计算，模型中成人暴露期参数由 RBCA 系统参数 30a 调整至《污染场地风险评估导则》（HJ25.2-2014）中推荐参数 24a 后，砷的经口摄入敏感性比例为 23.91%，苯并（a）芘的经口摄入敏感性比例为 24.02%，二苯并（ah）蒽的经口摄入敏感性比例为 23.75%。成人平均体重参数由《场地环境评价导则》（DB11/T656）参数 60kg 调整至《污染场地风险评估导则》（HJ25.2-2014）中推荐参数 56.8kg 后，砷的经口摄入敏感性比例为-11.65%，苯并（a）芘的经口摄入敏感性比例为-11.05%，二苯并（ah）蒽的经口摄入敏感性比例为-12.41%。

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中的相关要求，敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响越大。选用的模型参数中，成人暴露期参数变化计算出来的敏感性比值大于成人平均体重参数变化的计算结果。因此，成人暴露期参数对风险的影响较大。

5.8 地块土壤污染计算修复目标值

将调查区域未来用地情形作为居住用地考虑，根据《北京市场地环境评价导则》单一污染物的致癌风险目标值最大为 1×10^{-6} ，可接受危害商为 1，采用 RBCA 2.5 软件计算该地块具体的地块特征筛选值。采用 IEUBK 模型，计算土壤中铅的修复目标值。根据前面的风险评价结论，结合地块未来用地类型，推算得到的地块土壤污染修复目标值如见表 5.8-1 所示。

表 5.8-1 地块土壤污染的计算修复目标值（单位 mg/kg）

目标污染物	计算修复目标值
砷	1.9
铅	603
苯并(a)蒽	2.9
苯并(a)芘	0.29
苯并(b)荧蒽	2.9
二苯并(a,h)蒽	0.29
茚并(1,2,3-cd)芘	2.9

5.9 小结

将调查区域的未来利用方式设定为居住用地，以调查区域内关注污染物的最高检测浓度值作为暴露点浓度，进一步开展风险评价。

根据风险计算结果，场区的致癌风险超过了可接受的致癌风险 $1.0E-6$ ，需要对污染土壤进行修复治理。后期对污染土壤进行修复处理过程中，关注的主要污染物是砷、铅、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽和茚并(1,2,3-cd)芘。

通过对不同暴露途径的风险贡献率分析，对健康风险影响加大的暴露途径主要是经口摄入；区域内污染物的呼吸接触对风险的贡献率较小。

6 地块修复目标和修复范围

6.1 建议修复目标

确定修复目标时的主要原则是，参考通过风险计算反推得到的地块修复目标计算值以及污染物的检出限、相关的法律法规和现有的地块案例等资料，在满足法律法规的要求下，充分考虑经济和技术的可行性，在综合考虑的基础上给出地块建议修复目标值。

本次调查的地块中，污染物类型相对比较单一，主要为挥发性能相对较弱的砷和多环芳烃类物质，将地块土壤风险评价后的修复目标计算值与《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018)第一类用地标准筛选值、管控值进行综合比较，采用 RBCA 计算出的修复目标值相对较保守，结合北京的环境、气候、水文地质、人体参数等实际条件，按照基于人体健康风险的方式，充分考虑不同的暴露途径，确定最终的建议修复目标值为国家管控标准筛选值。重金属铅采用血铅模型的计算结果。

综上所述该地块污染建议修复目标值如表 6.1-1 所示。

表 6.1-1 地块土壤污染建议修复目标（单位：mg/kg）

目标污染物	修复目标计算值	国家管控标准筛选值	国家管控标准管制值	建议修复目标值
砷	1.9	20	120	20
铅	603	400	800	603
苯并(a)蒽	2.9	5.5	55	5.5
苯并(a)芘	0.29	0.55	5.5	0.55
苯并(b)荧蒽	2.9	5.5	55	5.5
二苯并(a,h)蒽	0.29	0.55	5.5	0.55
茚并(1,2,3-cd)芘	2.9	5.5	55	5.5

注：《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600--2018）中的建设用地第一类用地情景筛选值；

6.2 修复范围

根据采样点的样品检测浓度，首先采用反距离插值法计算地块污染物分布范围。在污染物分布范围插值基础上，对照地块污染建议修复目标值，结合调查区域范围、土壤采样点的位置、采样点深度、土壤地层结构分布、采样点的高程、污染物特征以及现场生产设施分布情况，综合考虑污染物迁移特征和现场识别等进行综合判断，最终确定地

块土壤污染修复范围，修复范围以不同污染物污染范围叠加后的最大范围计算。

在调查区域内，根据总体高程，地势相对较为平整，高程为 79.26~80.18 米左右。

根据现场采样过程中的地质情况记录，个别点的地质情况与整个区域和四周采样点的地质情况存在明显差别，在划分修复范围时，将该采样点作为单独的污染点，根据周边点的位置情况判断该点土壤的回填范围进行修复范围的划分。

不同类别污染物污染土壤的修复范围示意图 6.2-1 至 6.2-4。

地块内污染土壤修复范围面积和修复体积见表 6.2-1，不同深度的污染土壤修复面积见表 6.2-2 至表 6.2-5。从深度上，所有修复层需要修复的土方量均需达到取样的达标点位层。

根据不同深度修复面积的成图叠加，经计算，调查区域内土壤污染的修复面积约为 34818.54m^2 ，修复土方量约为 34818.54 m^3 。其中砷污染土方量为 214.10 m^3 ，SVOCs 污染土方量为 28618.93 m^3 ，砷+SVOCs 复合污染土方量为 5510.05 m^3 ，砷+铅+SVOCs 复合污染土方量为 475.46 m^3 。

表 6.2-1 污染土壤修复范围信息表

污染土壤修 复区	修复深 度	修复面积 (m ²)	修复土方量 (m ³)	砷污染土方量 (m ³)	SVOCs 污染土方量 (m ³)	砷 + SVOCs 复合污染土方量 (m ³)	砷+铅+SVOCs 复合污染土方量 (m ³)
第一层	0-1m	11957.73	11957.73	70.78	9206.69	2509.85	170.41
第二层	1-2m	11273.80	11273.80	0	8733.03	2295.87	244.90
第三层	2-3m	8222.24	8222.24	143.32	7774.80	304.12	0
第四层	3-4m	3364.77	3364.77	0	2904.41	400.21	60.15
合计			34818.54	214.1	28618.93	5510.05	475.46

表 6.2-2 污染土壤第一层修复范围信息表（修复深度 0-1m）

修复区域	修复区域面积 (m ²)	修复区域节点坐标	
1	70.78	483782.131653	305344.704590
		483784.025208	305340.934692
		483781.961365	305336.489563
		483776.645325	305332.975952
		483773.435486	305341.111328
		483782.131653	305344.704590
2	9206.69	483884.4616	305313.6576
		483885.6560	305198.3399
		483829.5974	305187.3574
		483823.4339	305196.5408
		483807.9553	305199.0399
		483789.1988	305230.9860
		483789.1783	305231.0208
		483764.9090	305272.2275
		483774.0953	305284.2849
		483782.3635	305288.5844
		483791.4073	305284.0018
		483799.1900	305280.0582
		483805.6337	305272.4448
		483812.9097	305273.1063
		483812.9097	305282.3667
		483809.1887	305297.0356
		483811.1370	305315.3735
		483816.4287	305323.9725
		483833.2959	305324.6340
		483844.2100	305322.6496
		483853.8025	305317.9045
3	341.22	483776.645325	305332.975952
		483761.773743	305320.184692
		483752.883789	305322.301331
		483745.448379	305326.863871
		483743.344788	305328.510376
		483773.435486	305341.111328
		483776.645325	305332.975952
4	415.31	483818.821716	305246.346130
		483822.112751	305245.071349
		483823.701965	305244.125427
		483827.123657	305239.169739
		483829.483398	305232.444336
		483824.755798	305224.014343
		483818.625488	305220.768921
		483812.495178	305219.867554
		483807.627258	305221.129517
		483804.381836	305224.194763
		483802.037903	305227.620361
		483803.300049	305235.373413
		483806.521777	305239.810317
		483812.011580	305243.827246
		483818.821716	305246.346130
		483807.833558	305225.549449
		483811.220231	305223.432779
		483815.241906	305223.856113
		483817.464410	305226.925286

		483817.676077	305230.311959
		483816.723575	305233.169465
		483814.289404	305234.756968
		483809.103560	305234.439467
		483806.563555	305230.841127
		483806.351888	305228.195288
		483807.833558	305225.549449
5	674.49	483844.344777	305248.870703
		483845.679993	305246.574219
		483847.233826	305244.303162
		483849.026611	305240.478271
		483849.624390	305238.326904
		483849.146301	305237.609680
		483849.068237	305233.867920
		483845.294128	305229.848511
		483841.400574	305224.775085
		483837.152771	305224.302979
		483834.793091	305226.072876
		483831.725159	305229.022644
		483830.191345	305231.972412
		483829.483398	305232.444336
		483828.657471	305234.922180
		483827.123657	305239.169739
		483825.235840	305241.647583
		483823.701965	305244.125427
		483822.640076	305244.833191
		483818.982300	305246.485168
		483818.982300	305248.962769
		483817.920593	305252.620483
		483818.982300	305254.508301
		483822.050232	305256.750122
		483824.763916	305259.227966
		483827.005737	305259.935974
		483830.260620	305259.363708
		483833.248901	305257.690430
		483835.519958	305257.570923
		483838.030151	305257.570923
		483842.691711	305251.713867
		483844.344777	305248.870703
6	1078.83	483884.838782	305285.832759
		483885.040838	305259.242831
		483878.036072	305251.263550
		483873.257629	305249.080933
		483867.712097	305249.198853
		483862.402649	305252.974487
		483851.332853	305267.303965
		483850.884732	305271.159404
		483850.662537	305274.168804
		483850.898621	305280.760925
		483861.647926	305288.970908
		483873.401262	305292.453378
		483884.838782	305285.832759
		483861.947793	305274.303656
		483864.487798	305270.916983
		483870.414476	305271.340317
		483872.319480	305277.055329
		483868.297805	305279.807001

		483863.217795	305278.960332
		483861.947793	305274.303656
7	68.68	483870.414476	305271.340317
		483864.487798	305270.916983
		483861.947793	305274.303656
		483863.217795	305278.960332
		483868.297805	305279.807001
		483872.319480	305277.055329
		483870.414476	305271.340317
8	101.73	483814.289404	305234.756968
		483816.723575	305233.169465
		483817.676077	305230.311959
		483817.464410	305226.925286
		483815.241906	305223.856113
		483811.220231	305223.432779
		483807.833558	305225.549449
		483806.351888	305228.195288
		483806.563555	305230.841127
		483809.103560	305234.439467
		483814.077737	305234.968635
		483814.289404	305234.756968
合计	11957.73		

表 6.2-3 污染土壤第二层修复范围信息表（修复深度 1-2m）

修复区域	修复区域面积 (m ²)	修复区域节点坐标	
1	959.78	483799.3849	305213.2911
		483804.8480	305211.1058
		483814.1082	305209.5186
		483824.6918	305211.1058
		483828.9250	305214.5455
		483838.1855	305219.8372
		483845.8182	305214.8502
		483847.4345	305206.4467
		483854.1811	305191.9418
		483825.9641	305186.3489
		483819.4494	305196.3040
		483806.9668	305200.4605
2	6181.52	483883.5683	305317.6850
		483884.5676	305303.7083
		483885.0092	305262.2233
		483871.7135	305247.5739
		483869.3984	305238.3135
		483875.3515	305235.3369
		483884.0213	305234.0115
		483883.6940	305224.6640
		483884.4174	305215.1226
		483885.6892	305198.3458
		483854.1811	305191.9418
		483847.4345	305206.4467
		483851.2246	305215.4065
		483856.1692	305221.7770
		483856.4999	305229.0530
		483851.1501	305235.1831
		483850.8854	305243.6498
		483850.3563	305249.4705
		483841.0958	305254.2331
		483835.8042	305255.2915
		483838.9712	305272.3787
		483842.9400	305288.5844
		483832.0259	305287.5922
		483815.1587	305287.5922
		483805.3263	305294.7204
		483796.7274	305309.2725
		483791.7664	305319.5249
		483790.7742	305332.0927
		483796.8900	305340.2254
		483807.3107	305339.6996
		483833.4383	305327.1319
		483855.5077	305324.6340
		483865.0989	305321.3267
		483875.6822	305319.3423
3	1591.73	483765.476318	305270.780212
		483766.056030	305277.561218
		483770.260254	305280.565125
		483782.779358	305285.674866
		483793.279053	305282.152649
		483802.233704	305275.659363
		483811.535339	305266.674561
		483823.697815	305252.369934

		483805.112427	305248.412354
		483790.824951	305237.828796
		483791.683838	305226.347656
		483765.476318	305270.780212
4	455.85	483873.110474	305284.395752
		483878.218445	305280.525513
		483879.488464	305267.825378
		483877.583496	305264.015381
		483873.194275	305261.769409
		483867.479370	305261.769409
		483856.155090	305264.772400
		483852.737610	305272.224915
		483852.737610	305281.220703
		483854.325134	305284.131104
		483864.114685	305287.306152
		483873.110474	305284.395752
		483865.119661	305269.937367
		483869.868600	305270.763269
		483872.759258	305275.512208
		483870.281551	305280.054671
		483867.390893	305281.706476
		483863.880807	305280.880574
		483861.403100	305277.576964
		483860.990149	305273.860403
		483865.119661	305269.937367
5	1840.02	483850.366455	305249.545776
		483851.218079	305235.401123
		483847.859314	305229.724243
		483840.006409	305221.587524
		483834.372511	305217.418555
		483828.495836	305215.242009
		483825.448671	305211.977189
		483818.919033	305210.018298
		483812.389394	305209.582989
		483805.642101	305210.888916
		483800.200736	305212.412499
		483808.689266	305222.424611
		483811.301121	305222.206956
		483815.286823	305223.317312
		483819.136688	305226.995358
		483817.177796	305233.742651
		483812.607049	305235.919197
		483809.164771	305235.868891
		483805.642101	305233.307342
		483804.553828	305230.260177
		483804.989138	305226.124739
		483808.253957	305222.206956
		483799.765427	305212.412499
		483791.712206	305225.907085
		483790.623933	305237.660434
		483804.553828	305247.890201
		483823.448975	305252.289429
		483835.654175	305255.317078
		483841.283752	305254.181824
		483846.061462	305252.100220
		483850.366455	305249.545776
6	97.03	483870.281551	305280.054671

		483872.759258	305275.512208
		483869.868600	305270.763269
		483865.119661	305269.937367
		483860.990149	305273.860403
		483861.403100	305277.576964
		483863.880807	305280.880574
		483867.390893	305281.706476
		483870.281551	305280.054671
7	147.87	483812.881332	305235.868891
		483817.423796	305233.597660
		483818.183667	305230.232516
		483818.869125	305227.196916
		483815.359040	305223.480355
		483810.816576	305222.447977
		483808.132393	305222.654453
		483805.241735	305225.958062
		483804.622308	305230.294050
		483805.861162	305233.597660
		483809.164771	305235.868891
		483812.881332	305235.868891
合计	11273.80		

表 6.2-4 污染土壤第三层修复范围信息表（修复深度 2-3m）

修复区域	修复区域面积 (m ²)	修复区域节点坐标	
1	65.84	483833.134654	305187.847469
		483832.261813	305190.322382
		483832.817439	305193.418013
		483835.039944	305195.719892
		483840.040579	305196.275518
		483841.525925	305194.206817
		483842.898084	305191.671759
		483842.250589	305189.512115
		483837.013622	305188.471215
		483833.134654	305187.847469
2	4343.75	483884.4818	305311.7606
		483884.9455	305268.2005
		483885.1629	305247.7732
		483873.0606	305242.8158
		483861.6835	305235.8043
		483848.7189	305232.3648
		483839.9877	305239.1116
		483832.6808	305255.3877
		483820.7694	305265.5634
		483813.0586	305279.1487
		483815.2491	305292.6899
		483824.3772	305300.2305
		483828.3460	305305.1253
		483837.3418	305311.6076
		483846.3377	305315.1795
		483859.4346	305318.3545
		483869.8856	305319.9420
		483882.2902	305317.0675
3	1816.38	483765.747803	305270.319946
		483768.218445	305276.229126
		483775.494507	305281.520813
		483782.109009	305285.158936
		483791.584249	305284.351077
		483802.432320	305277.938719
		483811.679776	305268.335782
		483816.984300	305252.812680
		483816.137632	305244.769331
		483808.517616	305239.054319
		483798.780930	305231.857638
		483789.985537	305228.613699
		483765.747803	305270.319946
4	1548.83	483763.932373	305336.776672
		483766.066589	305330.981628
		483773.046997	305324.383423
		483776.685120	305314.130737
		483780.653687	305298.917297
		483777.677307	305287.010925
		483768.085999	305281.057678
		483758.277283	305282.451599
		483733.936462	305324.459106
		483763.932373	305336.776672
5	143.32	483804.641602	305227.664124
		483805.170715	305231.368286
		483807.948914	305233.220276

		483811.653015	305234.146423
		483815.621826	305233.881775
		483817.341553	305231.103638
		483818.929077	305226.341064
		483817.076904	305223.827576
		483813.505005	305221.181824
		483807.948914	305221.446289
		483805.435364	305224.224426
		483804.641602	305227.664124
6	304.12	483872.907654	305276.585999
		483873.216919	305272.730957
		483872.378540	305271.717590
		483870.156067	305269.495178
		483866.875244	305268.966064
		483863.276917	305270.024475
		483856.103024	305273.106262
		483851.737390	305275.355225
		483847.371757	305277.339604
		483843.402999	305279.323983
		483844.098746	305279.805264
		483844.572072	305280.549061
		483846.668228	305282.712836
		483848.223441	305285.147082
		483849.339996	305288.580961
		483852.266558	305287.261499
		483856.151373	305285.376778
		483861.791577	305283.028157
		483867.298523	305281.031067
		483871.002625	305279.549377
		483872.907654	305276.585999
合计	8222.24		

表 6.2-5 污染土壤第四层修复范围信息表（修复深度 3-4m）

修复区域	修复区域面积 (m ²)	修复区域节点坐标	
1	2904.41	483882.567810	305303.686890
		483882.710632	305290.263855
		483884.835999	305278.494934
		483885.129089	305250.960815
		483885.257324	305238.903931
		483884.333984	305231.704224
		483875.097940	305229.824752
		483866.049172	305229.666002
		483856.524153	305230.459753
		483852.714146	305232.047257
		483849.380389	305234.269761
		483848.904138	305239.032271
		483850.809142	305246.017285
		483852.555395	305251.891046
		483850.015390	305256.494806
		483842.712876	305263.162319
		483830.530334	305267.852417
		483819.188049	305276.787537
		483817.071411	305284.407654
		483821.093018	305294.567688
		483827.231445	305298.589294
		483835.698120	305301.341064
		483842.474365	305303.235474
		483855.095400	305294.118631
		483865.096670	305293.324879
		483869.065428	305301.738646
		483877.320445	305305.231153
		483882.567810	305303.686890
		483842.873839	305281.154107
		483841.081848	305280.297068
		483855.614129	305273.363929
		483860.196932	305269.430561
		483866.203494	305266.649746
		483872.877452	305266.427280
		483876.659362	305271.655214
		483876.881827	305277.995475
		483871.765126	305282.444780
		483861.657080	305285.651947
		483852.608312	305288.191952
		483846.788118	305289.565256
		483846.173683	305285.658900
		483845.211218	305283.335661
		483842.873839	305281.154107
2	400.21	483846.788147	305289.565308
		483859.334961	305286.303833
		483871.765198	305282.444824
		483876.881958	305277.995544
		483876.659485	305271.655334
		483872.877502	305266.427246
		483866.203552	305266.649658
		483860.196899	305269.430481
		483855.614075	305273.364075
		483849.760742	305276.156555
		483846.849487	305277.545654

		483844.036133	305278.887878
		483841.081970	305280.297180
		483842.873901	305281.154053
		483845.211365	305283.335571
		483846.173645	305285.658997
		483846.788147	305289.565308
		483863.243469	305272.413696
		483865.994995	305270.402893
		483869.170288	305271.249695
		483871.921814	305273.154419
		483871.286865	305276.117859
		483869.911011	305278.657959
		483867.053406	305279.610352
		483864.407715	305278.234436
		483862.608521	305275.588745
		483863.243469	305272.413696
3	60.15	483869.910914	305278.657850
		483871.286751	305276.117845
		483871.921752	305273.154506
		483869.170080	305271.249502
		483865.995073	305270.402834
		483863.243401	305272.413671
		483862.608400	305275.588678
		483864.407570	305278.234516
		483867.053409	305279.610352
		483869.910914	305278.657850
合计	3364.77		

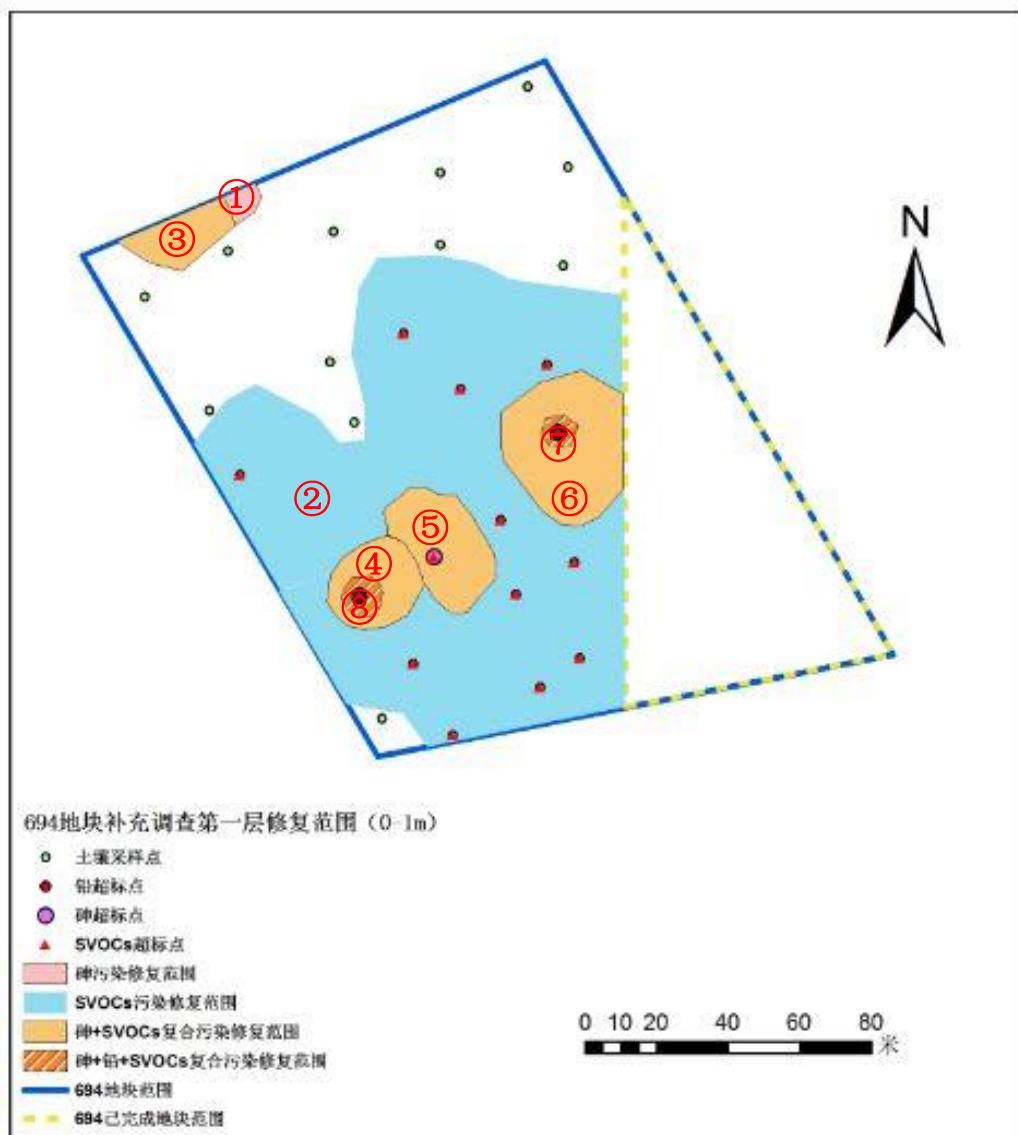


图 6.2-1 污染土壤第一层(0-1m)修复范围分布图

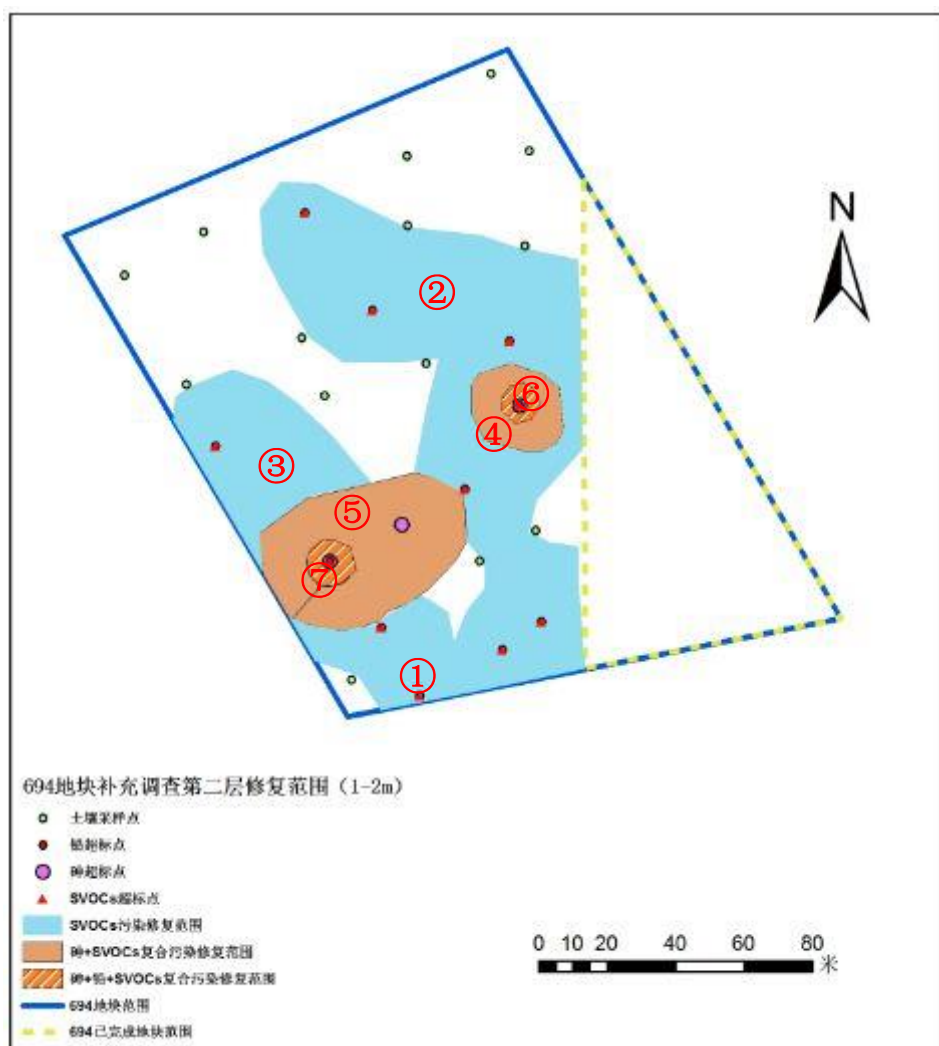


图 6.2-2 污染土壤第二层(1-2m)修复范围分布图

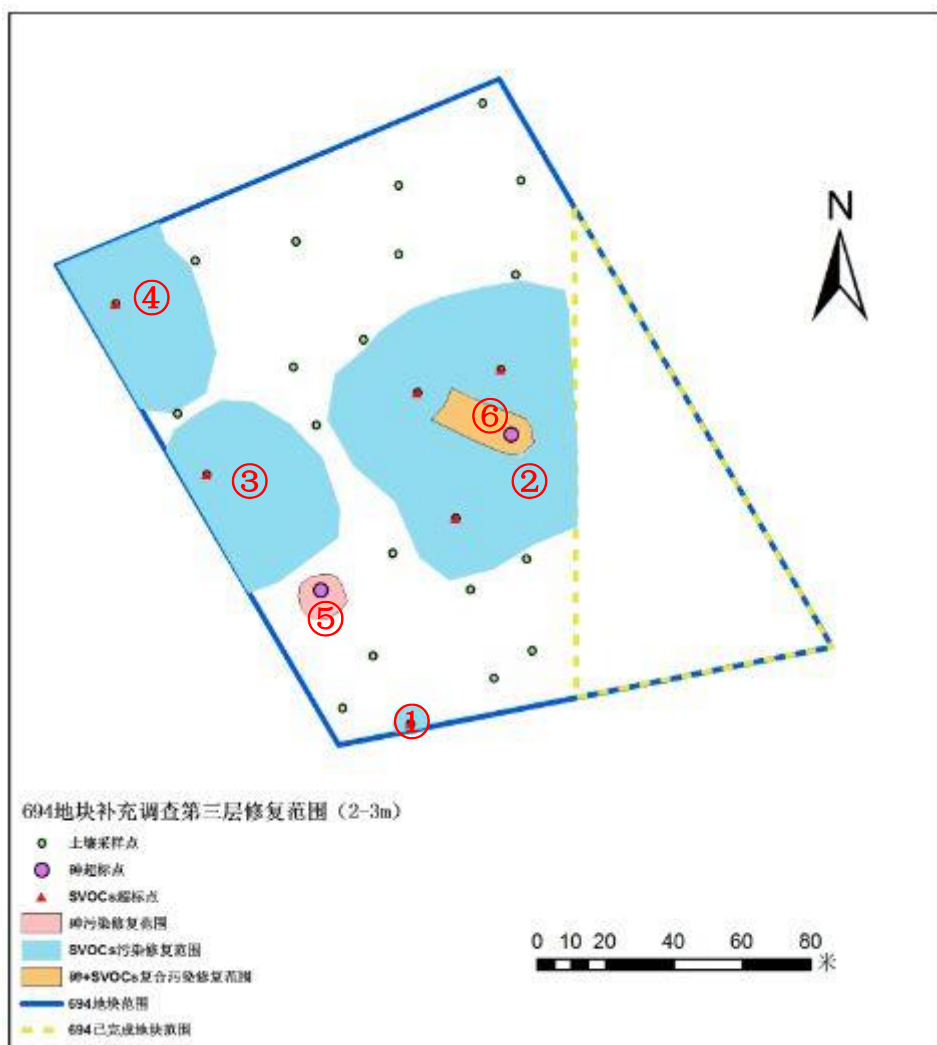


图 6.2-3 污染土壤第三层(2-3m)修复范围分布图

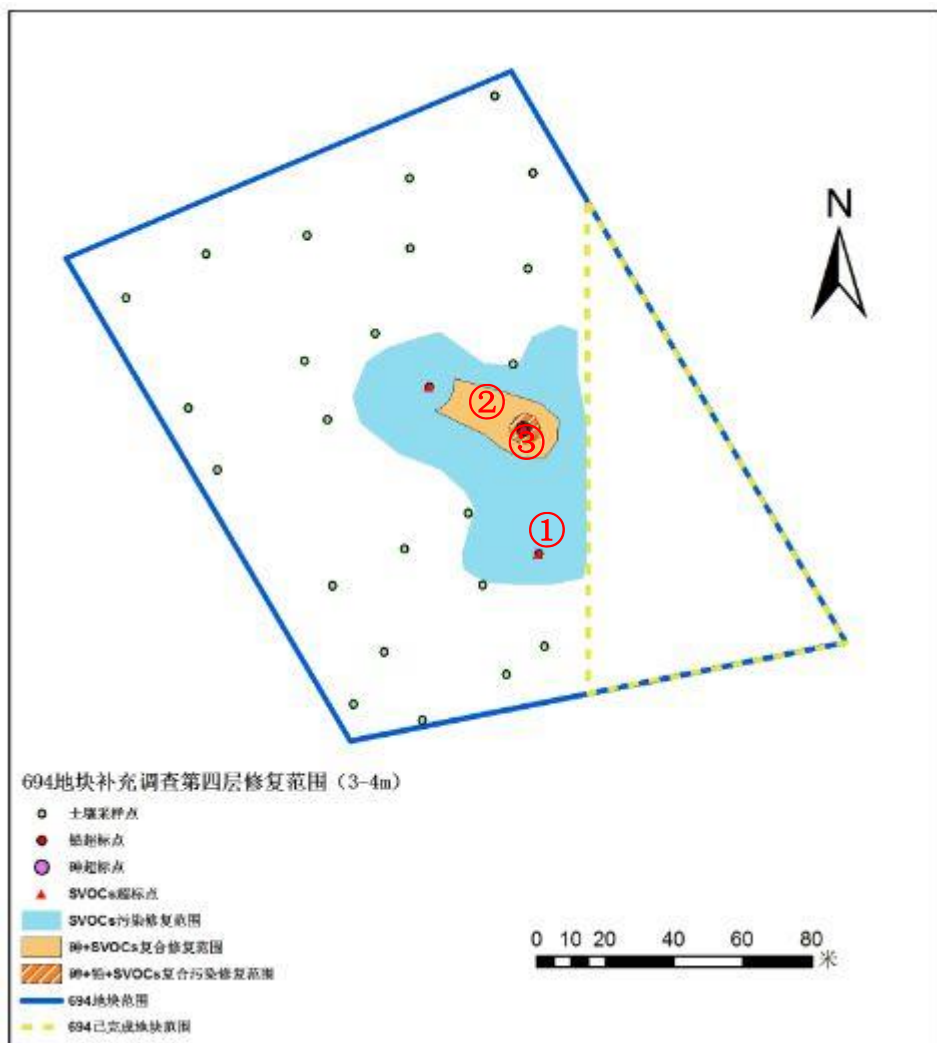


图 6.2-4 污染土壤第四层(3-4m)修复范围分布图

7 报告结论及建议

7.1 结论

1、按照原北京市环保局《北京市环境保护局关于石景山区北辛安棚户区改造项目环保意见函》(见附件1),对评价范围内构筑物拆除后,构筑物占地范围及范围外的疑似污染区域进行补充采样调查,694地块属于《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》地块范围内17个地块其中之一,694地块基本处于整体地块的中间偏西位置,地块总体占地面积约 24649.135 m^2 ,已完成的评价范围(厂区内地块)面积约为 5457.166 m^2 ;此次补充调查区域为694地块厂区外围地块区域,原为六建模板分公司第一租赁站及棚户区部分用地,面积约为 19191.969 m^2 。本报告主要针对694地块厂区外西侧现已拆除的区域进行补充调查。

694厂区内部分地块原为首钢电机厂部分用地。694地块四至:东至690地块,南至646地块,西至北辛安路,北至681地块。规划建设住宅区,主要对区域内房屋、企业等实施征地拆迁,建设道路工程、给排水工程、电力工程、燃气工程、热力工程、通信工程以及地块平整等。

2、通过网格布点方法对694地块进行采样调查,共布设土壤采样孔26个,共采集土壤样品142个(含平行样7个),其中重金属检测样品142个,SVOCs检测样品142个。

3、本次评价以北京市地方标准——《场地环境评价导则》(DB11/T 656-2009)为主要参考标准对场地污染情况进行分析,主要以北京颁布的《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011)中的住宅用地情景筛选值为参照标准。

4、根据样品检测结果的统计分析,需要关注的污染物主要包括砷、铅、镍、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、菲、荧蒽、芘和苯并(g,h,i)芘。

5、通过风险评估,场地土壤中的污染物对人体的健康风险超出可接受水平,需要对场地进行修复,修复中主要的关注污染物是砷、铅、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘等。

6、通过对不同暴露途径的风险贡献率分析,对致癌风险影响最大的暴露途径主要是经口摄入。

7、针对不同的污染物，计算了修复目标值，其中建议砷的修复目标值为20mg/kg；铅、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘的修复目标值分别是603mg/kg、5.5 mg/kg、0.55 mg/kg、5.5 mg/kg、0.55 mg/kg、5.5 mg/kg。

8、调查区域内土壤污染的修复面积约为34818.54 m²，修复土方量约为34818.54 m³。其中砷污染土方量为214.10 m³，SVOCs污染土方量为28618.93 m³，砷+SVOCs复合污染土方量为5510.05 m³，砷+铅+SVOCs复合污染土方量为475.46 m³。

7.2 不确定性分析

1、此次补充调查地块为694地块厂区外围区域，调查区域长期受主厂区生产活动影响，造成一定程度的污染。厂区内工业生产历史久远，期间生产工艺多次变化，地块原环保措施实施情况不易掌握，进而给厂区内及外围污染情况带来一定的不确定性。

2、补充调查地块周边区域存在拆迁、挖掘动土等活动，存在一定的动土扰动现象，因此土壤样品采集（特别是表层土壤）可能具有一定的扰动性。

3、由于调查地块土壤中局部区域污染程度严重，污染范围具有一定的不确定性，可能会使得土壤污染修复施工过程中的存在一些不确定因素。

7.3 建议

建议该地块在开发利用之前，进行污染土壤修复。在修复过程中采取一定的环境保护措施。

现阶段未进行污染土壤修复前，建议对已查明的严重污染区采取有效的阻隔或者地面覆盖等措施，控制无关人员的暴露接触量，降低扰动产生污染扩散的风险。

建议后续地块扰动过程中，若局部土壤出现异色异味时，可以适当进行土壤采样检测，保障地块用地安全。

建议在地块开发前，相关业主应聘请具有污染土壤修复经验的单位，依据地块调查报告和修复技术方案编制地块污染施工治理方案，修复过程中，建立相应的应急预案，防范不确定因素的发生，防止二次污染情况的发生。

建议本地块在修复过程中，如存在红线边界超标现象，应考虑在临近地块开

展补充调查工作。

8 附件

附件 1：专家意见及修改说明

附件 2：北辛安棚户区改造项目场地环境调查报告——694-1 地块报告