

北辛安棚户区改造项目

# 场地环境评价报告

——690 地块报告

呈报单位：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



2016年6月 北京

北辛安棚户区改造项目

场地环境评价报告

——690地块报告

呈报单位：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：李培中 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：宋 云

# 目录

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 1     | 总论.....          | 1  |
| 1.1   | 项目背景.....        | 1  |
| 1.2   | 场地环境评价目的.....    | 1  |
| 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.....        | 3  |
| 1.5   | 评价范围.....        | 4  |
| 1.6   | 场地评价内容.....      | 6  |
| 2     | 场地污染识别.....      | 8  |
| 2.1   | 场地概述.....        | 8  |
| 2.1.1 | 场地地理位置.....      | 8  |
| 2.1.2 | 场地区域自然概况.....    | 9  |
| 2.1.3 | 场地历史沿革.....      | 15 |
| 2.1.4 | 场地现状.....        | 18 |
| 2.1.5 | 场地未来规划.....      | 23 |
| 2.2   | 场地污染识别.....      | 25 |
| 2.2.1 | 各个场地污染分析.....    | 25 |
| 2.2.2 | 场地周边情况.....      | 29 |
| 2.2.3 | 环境突发事件.....      | 30 |
| 2.2.4 | 污染识别小结.....      | 30 |
| 2.3   | 初步污染识别结论与建议..... | 31 |
| 2.3.1 | 结论.....          | 31 |
| 2.3.2 | 建议.....          | 32 |
| 3     | 场地污染现场调查.....    | 33 |
| 3.1   | 土壤样品现场采集.....    | 33 |
| 3.1.1 | 土壤采样布点原则.....    | 33 |
| 3.1.2 | 土壤采样布点方案.....    | 33 |
| 3.1.3 | 钻探取样.....        | 45 |
| 3.1.4 | 土壤样品现场快速筛查.....  | 45 |
| 3.2   | 地下水样品现场采集.....   | 45 |
| 3.3   | 水文地质调查.....      | 46 |
| 3.4   | 样品采集与保存.....     | 47 |
| 3.4.1 | 土壤样品采集与保存.....   | 47 |
| 3.4.2 | 地下水样品采集与保存.....  | 48 |
| 3.5   | 实验室检测.....       | 49 |
| 3.5.1 | 检测项目.....        | 49 |
| 3.5.2 | 样品分析方法.....      | 49 |
| 3.6   | 全过程质量控制.....     | 50 |
| 3.6.1 | 现场采样前的准备工作.....  | 50 |
| 3.6.2 | 现场采样质量控制.....    | 50 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 3.6.3 | 样品运输与交接.....         | 52  |
| 3.6.4 | 实验室质量控制.....         | 52  |
| 3.6.5 | 质量控制结果.....          | 52  |
| 4     | 场地调查结果分析.....        | 53  |
| 4.1   | 场地水文地质调查情况.....      | 53  |
| 4.2   | 场地土壤污染特征分析.....      | 53  |
| 4.2.1 | 场地土壤中重金属污染特征.....    | 53  |
| 4.2.2 | 场地土壤中 SVOC 污染特征..... | 57  |
| 4.2.3 | 土壤中 VOC 类有机物污染.....  | 65  |
| 4.2.4 | 污染物来源及成因分析.....      | 66  |
| 4.3   | 场地地下水污染特征分析.....     | 107 |
| 4.4   | 场地污染特征小结.....        | 108 |
| 5     | 场地风险评估.....          | 110 |
| 5.1   | 场地风险评价程序.....        | 110 |
| 5.2   | 风险识别.....            | 111 |
| 5.2.1 | 污染源分析.....           | 111 |
| 5.2.2 | 暴露点浓度.....           | 115 |
| 5.3   | 暴露分析.....            | 116 |
| 5.3.1 | 暴露对象.....            | 116 |
| 5.3.2 | 暴露途径.....            | 116 |
| 5.3.3 | 暴露参数.....            | 117 |
| 5.3.4 | 暴露量计算.....           | 120 |
| 5.4   | 毒性评价.....            | 121 |
| 5.4.1 | 非致癌物质毒性效应.....       | 122 |
| 5.4.2 | 致癌物质的效应评价.....       | 122 |
| 5.4.3 | 毒性参数.....            | 122 |
| 5.5   | 风险评价.....            | 124 |
| 5.5.1 | 工作内容.....            | 124 |
| 5.5.2 | 风险表征.....            | 124 |
| 5.5.3 | RBCA 风险计算软件介绍.....   | 124 |
| 5.5.4 | 土壤污染风险计算.....        | 125 |
| 5.5.5 | 土壤污染风险贡献率分析.....     | 127 |
| 5.6   | 地下水风险评价.....         | 132 |
| 5.7   | 场地土壤污染计算修复目标值.....   | 133 |
| 5.8   | 风险评价不确定性分析.....      | 134 |
| 5.9   | 小结.....              | 134 |
| 6     | 场地修复目标和修复范围.....     | 135 |
| 6.1   | 建议修复目标.....          | 135 |
| 6.2   | 修复范围.....            | 136 |
| 7     | 调查总报告结论及建议.....      | 150 |
| 7.1   | 结论.....              | 150 |
| 7.2   | 不确定性分析.....          | 151 |
| 7.3   | 建议.....              | 151 |
| 8     | 690 地块详细概述.....      | 152 |

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 8.1 | 690 地块地理位置及评价范围..... | 152 |
| 8.2 | 690 地块修复范围.....      | 152 |
| 9   | 附件.....              | 158 |
|     | 附件 1: 相关文件资料.....    | 158 |
|     | 附件 2: 土壤采样现场记录表..... | 158 |
|     | 附件 3: 采样钻孔地质剖面图..... | 158 |
|     | 附件 4: 土壤样品检测报告.....  | 158 |
|     | 附件 5: 地下水样品检测报告..... | 158 |

# 1 总论

## 1.1 项目背景

北辛安棚户区改造项目位于石景山区北辛安社区，东至首钢集团特殊钢公司用地，南至石景山路，西至北辛安路，北至阜石路，整个棚户区改造项目占地约 140.9 公顷，规划建设南北两个商务区，中间布置商品房和安置房，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、通信工程以及场地平整等。

按照《环境保护部关于加强企业关停、搬迁及原址地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66 号）、中华人民共和国环境保护部 2014 年第 78 号公告《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》要求，根据北京市环保局《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），对项目中涉及到的首钢电机厂、首钢热力众达换热设备公司、北京第一低压电器有限责任公司等原厂区组织开展场地调查评估。

北京安泰兴业置业有限公司于 2015 年 6 月委托轻工业环境保护研究所进行“北辛安棚户区改造项目”中涉及到的相关工业场地进行场地环境评价工作。接受委托后，评价单位组织有关技术人员对现场进行了踏勘，并收集相关技术资料，与原厂区工作人员进行访谈，经初步调查后进行了场地污染识别和后续现场调查方案编制。

场地环境调查过程按照北京市《场地环境评价导则》（DB11/T656-2009）要求，进行场地现场调查采样工作，并委托有 CMA 资质认证的样品分析检测单位，进行该场地环境土壤及地下水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，结合该场地相关资料进行分析研究，在对场地进行风险评估的基础上，按照相关技术导则与规范，编制《北辛安棚户区改造项目场地环境评价报告》，呈报北京市相关环境保护主管部门审查。

## 1.2 场地环境评价目的

通过对相关场地进行污染调查、污染分析和风险评价，明确场地内污染物种类、污染物分布和污染程度，并以该场地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，确定该场地污染修复目标和修复范围。本次场地环

境评价的主要目的包括：

（1）对相关场地现状、历史用途调查分析，识别和初步确认场地潜在环境污染；

（2）通过现场布点采样和实验室分析，确定场地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）根据场地现状和未来土地利用要求，进行场地污染风险评价，并根据场地土地利用规划，确定场地修复目标；

### 1.3 调查评价原则

本次场地调查与评价工作遵循以下原则：

#### （1）规范性原则

场地调查与评价过程遵循我国现行的污染场地环境评价相关法律、技术导则、规范以及该场地的相关规划。在国内相关标准和规范性文件不完全覆盖的情况下，在评估的技术细节中借鉴先进国家与地区的经验，以科学的观点分析和论述场地中可能存在的相关问题，确保场地风险评价结果的规范性、有效性。

#### （2）针对性原则

评估过程中所涉及场地的参数均来自于该场地本身或选取最为接近的参数值。风险评估将最大限度接近场地实际污染情况所产生的风险，建立基于特定场地的风险评估体系，保证风险评价结果的针对性，评估结果只适用于此场地。

#### （3）技术可行性原则

结合场地用地规划，根据场地用途对场地进行环境风险评价，确保场地风险评价结果符合场地环境管理及土地利用规划风险控制要求，保证场地评价结果的技术可行性。

### 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》（2014）；
- 《中华人民共和国土地管理法》（2004年8月28日）；
- 《中华人民共和国水法》（2002年8月29日）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2008年2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）；
- 《国家危险废物名录》（环发[1998]089 号）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（<98>国务院令 第 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）。

#### 1.4.2 相关技术导则和规范

- 《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/T 166-2004）；
- 《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

- 《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 14848-93）；

- 《土壤环境质量评价标准》（GB15618-1995）；
- 《污染场地修复后土壤再利用环境评估导则》（DB11/T 1281-2015）
- 《美国联邦土壤筛选值（居住用地），Generic Soil Screening levels for Residential Scenario》（2002）
- 《美国超级基金场地化学污染物区域筛选值，Regional Screening Levels for Chemical Contaminants at Superfund Sites》（2015）

## 1.5 评价范围

项目场地评价范围约 19.86 万平米，如图 1.5-1 所示，主要包括首钢煤料堆场、首钢电机厂、首钢热力众达换热设备公司、北京第一低压电器有限责任公司、首钢建设总公司古城基地、明塑包装制品厂，具体如图 1.5-2 所示.这些区域在长期的工业生产过程中可能造成场地污染。评价范围内的主要场地信息如表 1.5-1 所示。



图 1.5-1 项目评价范围示意图



图 1.5-2 评价范围内主要场地位置示意图

表 1.5-1 评价范围内的主要场地信息

| 序号 | 调查区域内主要场地      | 占地面积<br>(平方米) | 建筑面积<br>(平方米) | 主要原料            | 备注                              |
|----|----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------------|
| 1  | 首钢煤料堆场         | 56167         | 8924          | 以前为煤堆场          | 首钢原煤泥坑料场，现为办公楼及脚手架堆放仓库等         |
| 2  | 首钢电机厂          | 47039         | 26110         | 硅钢片、漆包线、绝缘线、焊条等 | 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 |
| 3  | 首钢电机厂          | 19966         | 14123         | 煤气              | 楼房原址是煤气脱硫、加压站、现为办公楼             |
| 4  | 北京第一低压电器有限责任公司 | 21177         | 8920          | 金属零件、螺丝、绝缘线等    | 调试计价器、生产固体继电器                   |
| 5  | 首钢热力众达换热设备公司   | 23425         | 15839         | 钢材、铜管、焊条等       | 生产油冷器、冷凝器、蒸发器、容积式换热器、加热炉预热器等    |
| 6  | 明塑包装制品厂        | 30839         | 29543         | 塑料母粒、色料、填料等     | 原生产塑料包装用品，现用作办公楼、仓储等            |

## 1.6 场地评价内容

场地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：场地污染识别

收集该场地历史和现状生产及污染相关资料，通过文件审核、现场调查、并对该场地相关人员进行访谈等形式，获取场地水文地质特征、土地利用情况、场地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

根据场地污染识别结果，通过现场勘查，对场地污染区域进行现场土壤、地下水采样，开展实验室检测分析，然后进行场地环境评价。

### 第三阶段：场地风险评价

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

本次场地评价的工作程序为：通过场地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和地下水采样分析；根据检测结果，采用污染场地风险评价的方法判断土壤和地下水是否受到污染、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。

本次场地评价的具体步骤是：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，则需要进一步的进行风险计算，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。

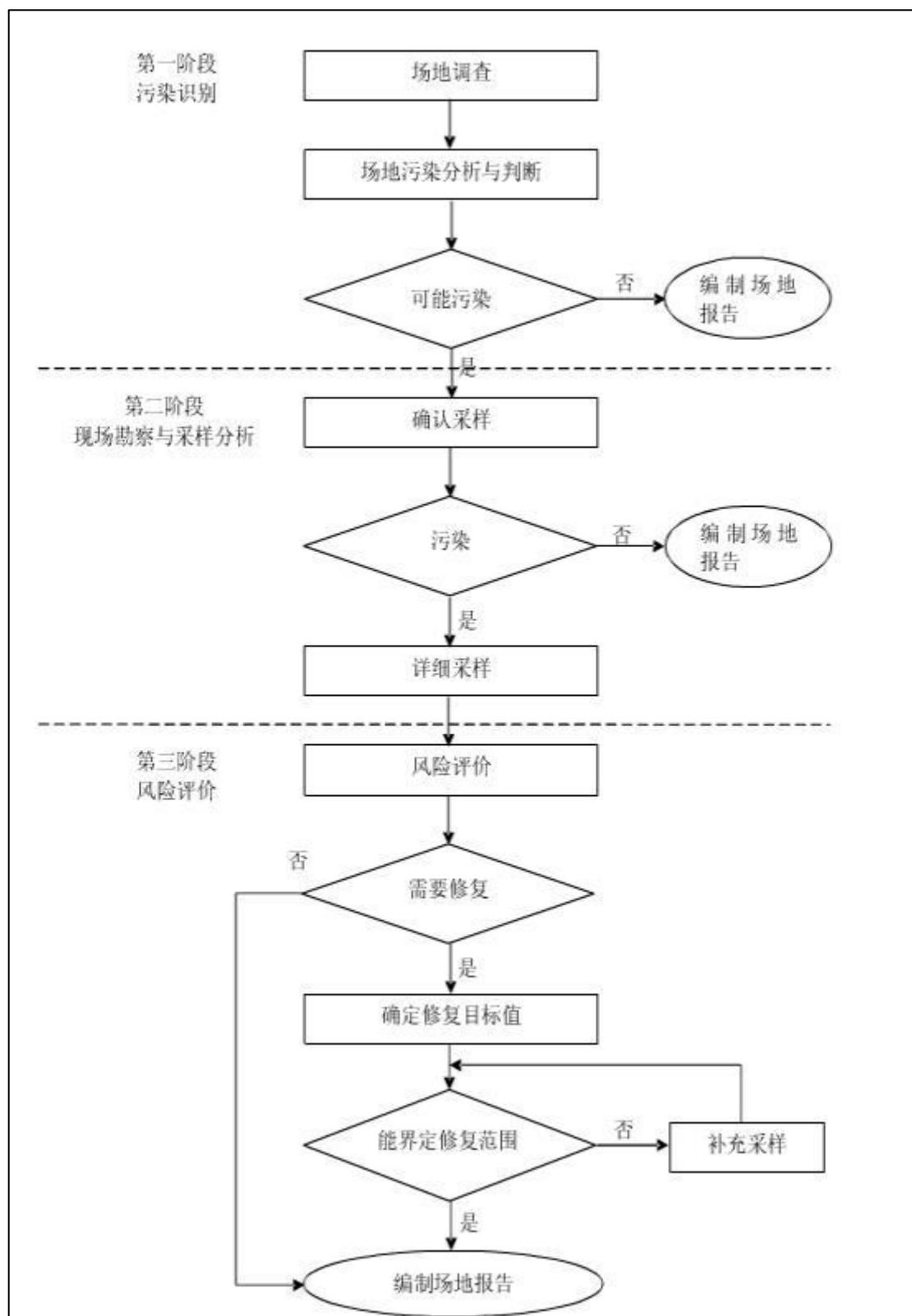


图 1.6-1 场地环境评价工作程序

## 2 场地污染识别

### 2.1 场地概述

#### 2.1.1 场地地理位置

本次项目场地调查场地位于北辛安社区，评价范围中心点位置是  $39^{\circ} 54' 49.07''$  N,  $116^{\circ} 09' 50.82''$  E。评价区域总占地面积约 19.86 万平方米，地理位置如图 2.1-1 所示。具体包括北辛安棚户区改造项目范围内的首钢煤料堆场、首钢电机厂、首钢建设总公司古城基地、北京第一低压电器有限责任公司、首钢热力众达换热设备公司、明塑包装制品厂，主要分布在古城西路附近，东至北辛安南岔和古城西街附近，西至北辛安路附近，南至首钢热力众达换热设备公司南侧围墙，北至首钢煤料堆场北侧围墙，评价范围具体位置如图 2.1-2 所示。

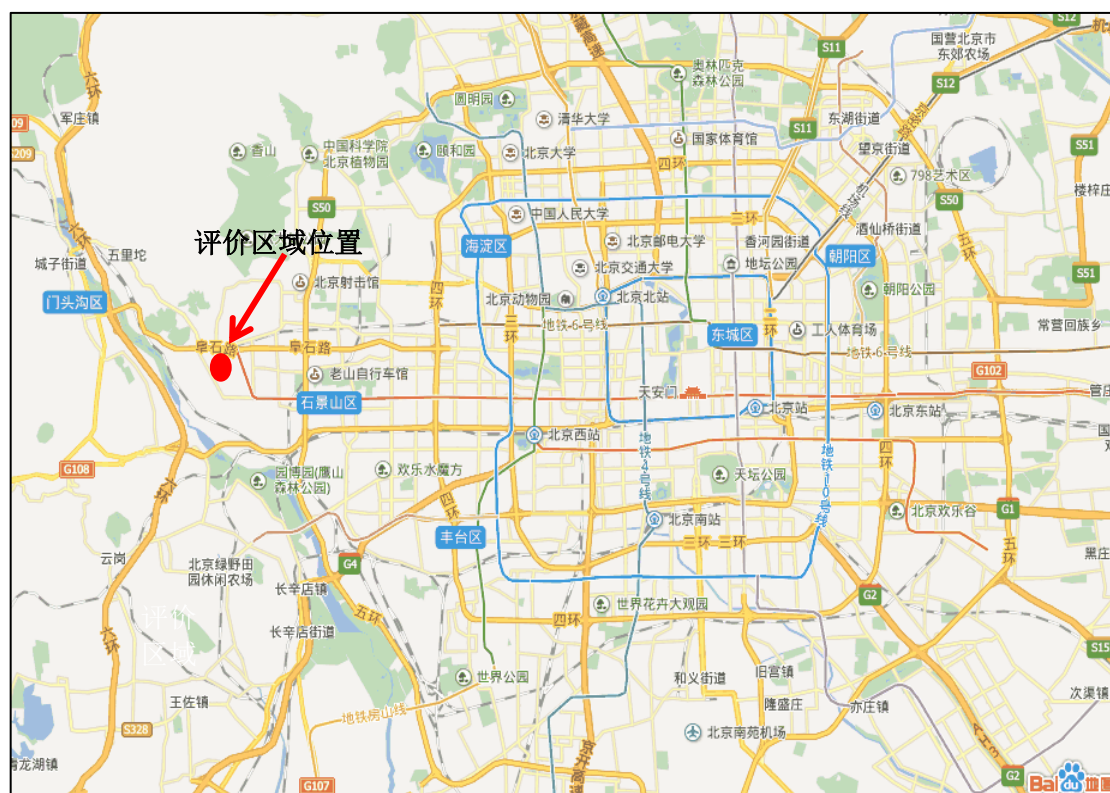


图 2.1-1 评价区域位置示意图



图 2.1-2 评价范围具体位置示意图

## 2.1.2 场地区域自然概况

### 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  $13.1^{\circ}\text{C}$ ，历史极端最高气温  $42.6^{\circ}\text{C}$  (近年为  $41.9^{\circ}\text{C}$ ，1999 年)，历史极端最低气温零下  $27.4^{\circ}\text{C}$ ，2001 年为零下  $17.0^{\circ}\text{C}$ ，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  $0.80\text{m}$ 。

石景山区多年平均降水量  $626\text{mm}$ ，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  $813.2\text{mm}$ ，1999 年年降雨量最小，降雨量为  $266.9\text{mm}$ 。

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  $3.6\text{m/s}$ ；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 2.1-3。

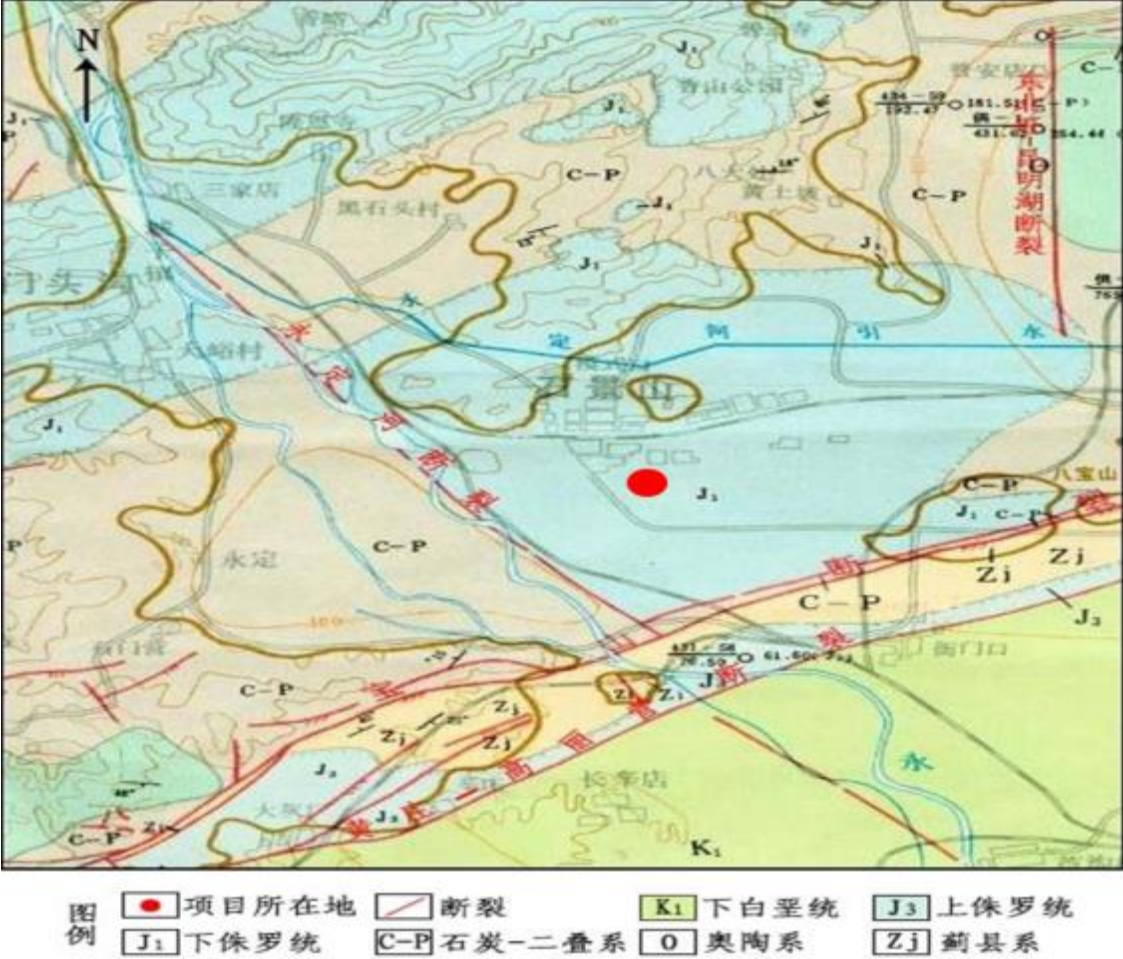


图 2.1-3 调查场地所在区域基岩构造图

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、沙岩层。调查区域地层岩性的垂直分布概况见图 2.1-4。

(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) 沙岩层：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。

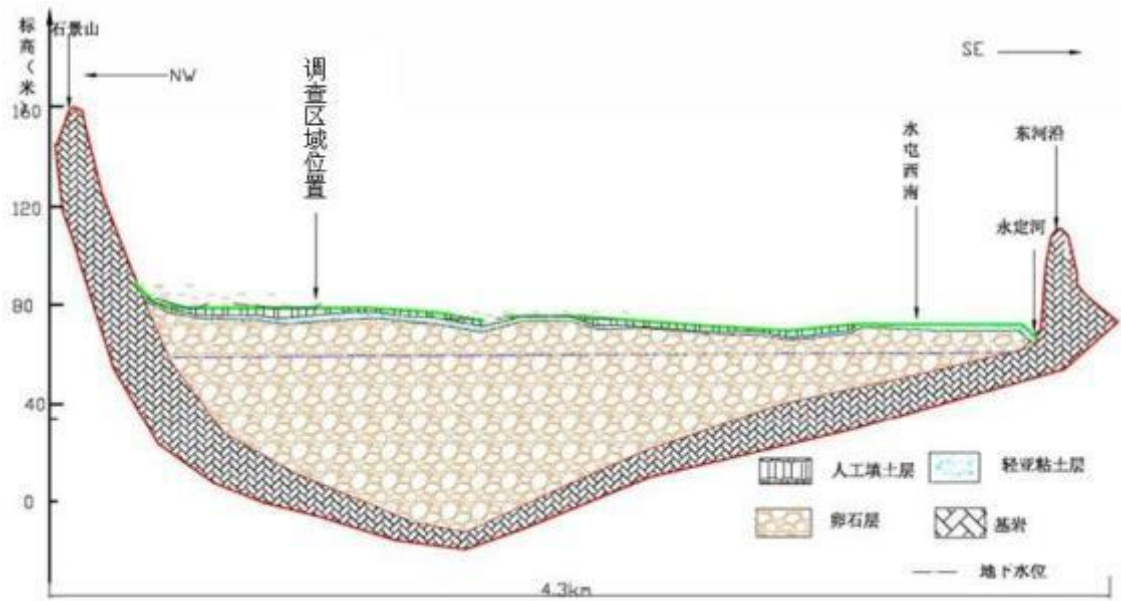


图 2.1- 4 场地所在区域地层岩性的垂直分布图

### 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。

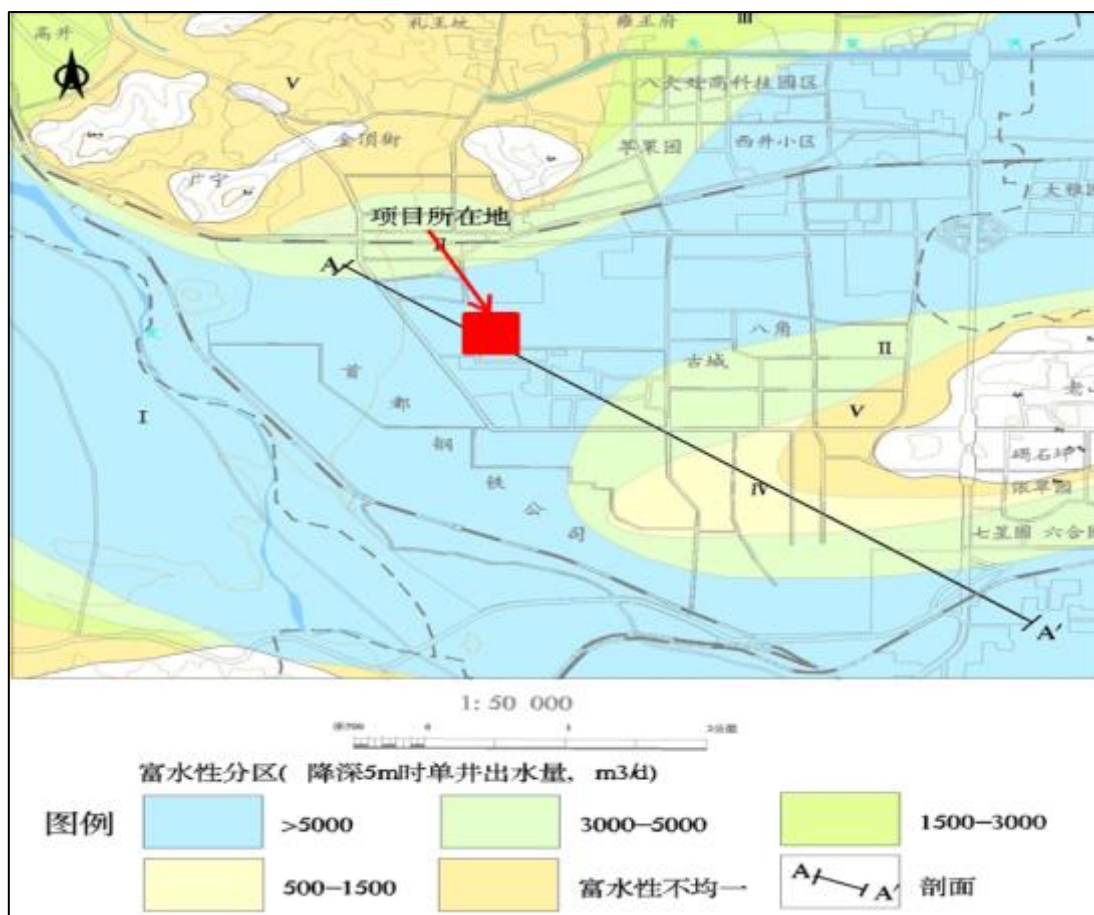


图 2.1-5 区域第四系水文地质图

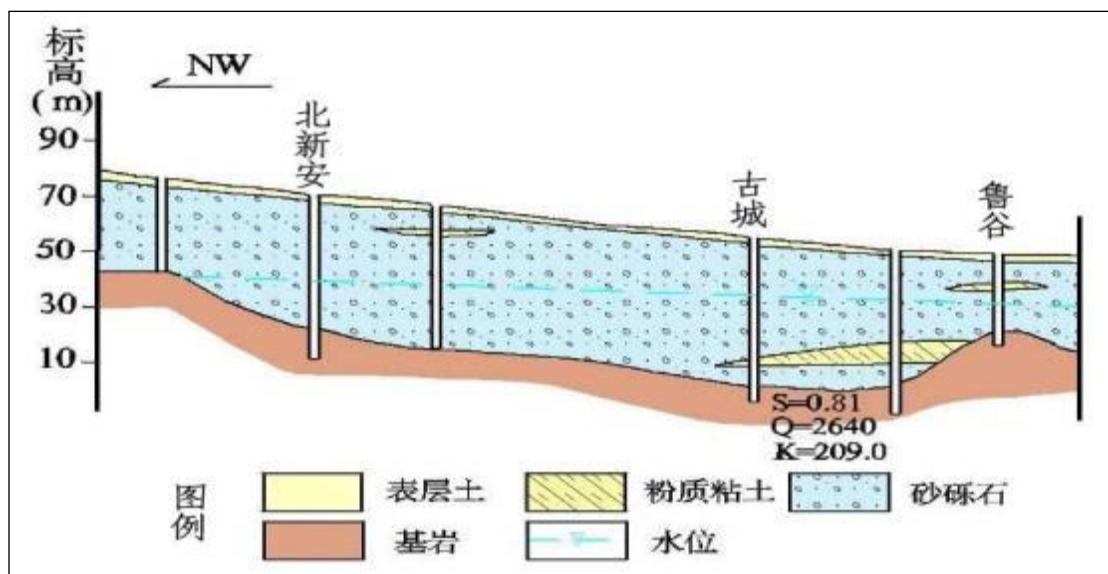


图 2.1-6 石景山水电-马家堡 (A-A') 地层剖面图

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。



图 2.1-7 调查区周边水厂位置示意图

根据资料显示，调查区域目前位于石景山区地下水水源保护范围二类保护区。如图 2.1-7，在东偏北距离大概 2.5km 处为杨庄水厂，距离其它水厂距离相对较远。调查区域位于杨庄水厂的地下水水源补给区，但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，本场地浅层地下水的环境敏感性相对较低。北京市石景山区水厂地下水水源保护区如图 2.1-8。

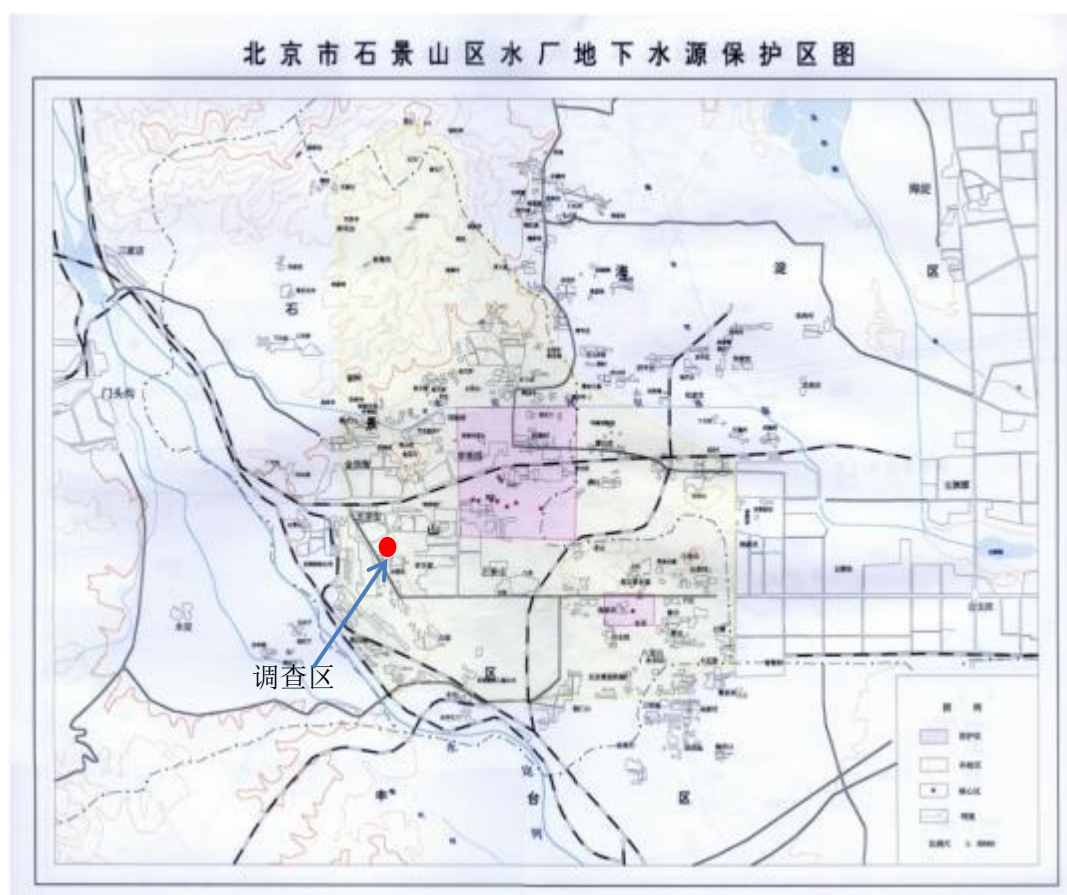


图 2.1-8 北京市石景山区水厂地下水源保护区图

### 2.1.3 场地历史沿革

调查区域内管线设施分布如图 2.1-9 所示。场地的地下管线主要为地下电缆、雨水排水沟、自来水给排水管线、热力管线；地下构筑物有地下防空洞、化粪池等；地上管线主要是沿着原首钢煤料堆场与首钢电机厂交界围墙走向的架空煤气管道和暖气管道，煤气管道在首钢停产后已停用，原首钢煤料堆场内的生产用水管线，在首钢停产后已经停用。

根据调查区域内近 10 年来的卫星图像的变化情况，初步判断场地的土地利用情况有了一定的变化。调查区域内场地使用情况如下。

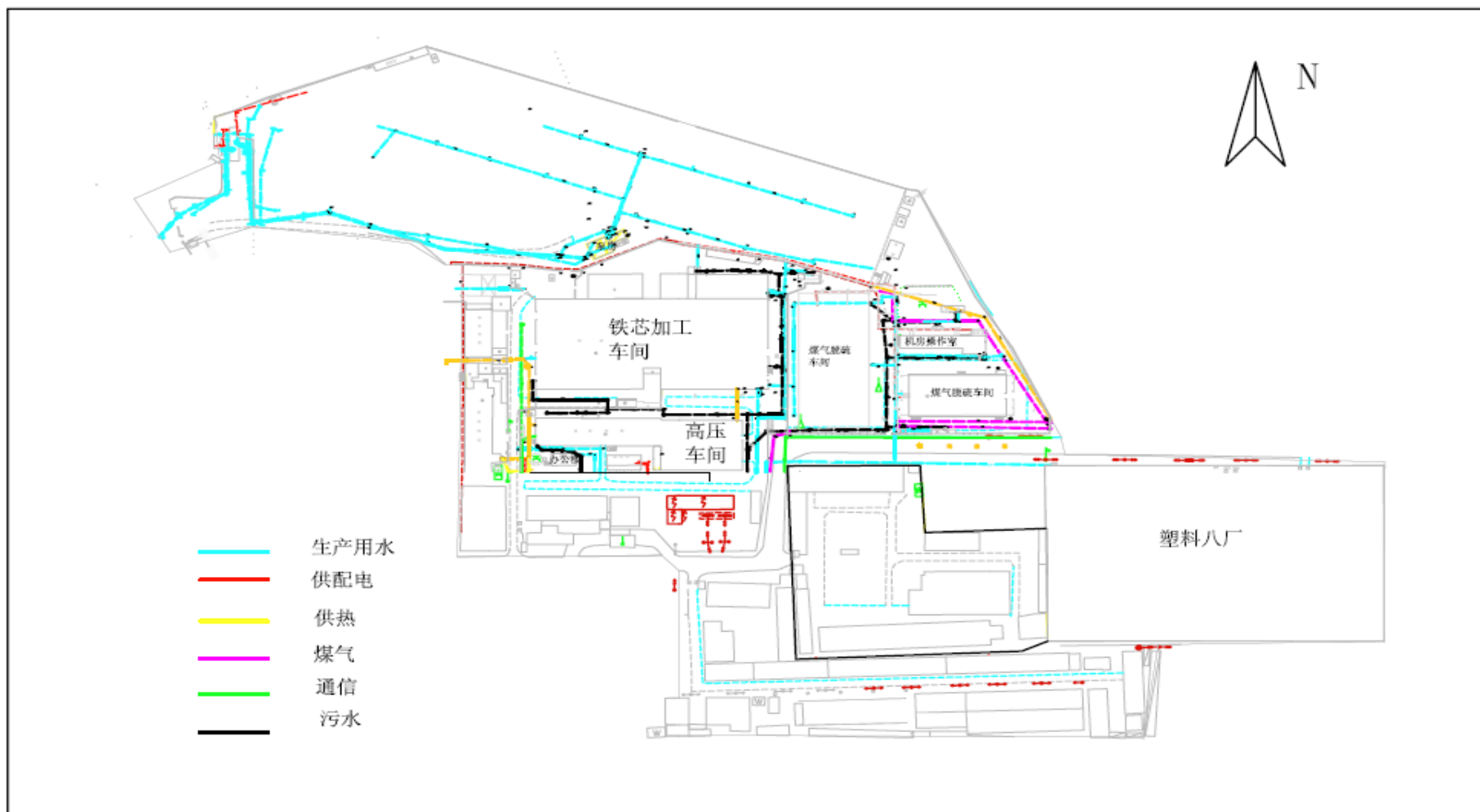


图 2.1-9 调查区域内管线及设施分布示意图

### **(1) 首钢煤料堆场**

首钢煤料堆场是首钢的生产原料堆场，主要堆存生产用煤和焦炭。

- 上世纪 40 年代以前为农田；
- 上世纪 40 年代作为钢铁的生产原料堆存使用，隶属于当时的钢铁厂；在解放后权属随钢铁厂归属首钢总公司；
- 2008 年首钢主厂区停产后，该原料堆场停用；
- 2011 年该厂区划归首钢建设总公司使用。首钢建设总公司通过对该堆场回填整平后，将该堆场改建为办公用房。

### **(2) 首钢电机厂**

- 在上世纪 50 年代以前为农田。
- 1958 年开始，为首钢化肥厂用地，利用首钢焦化厂净化后的煤气进行再次脱硫过程生产合成氨化肥。
- 1979 年该厂区逐步停产。
- 1990 年初，该厂区划归首钢电机厂使用，主要进行电机维修和生产。

### **(3) 首钢建设总公司古城基地**

- 在上世纪 50 年代以前为农田。
- 1958 年开始，为首钢化肥厂用地，利用首钢焦化厂净化后的煤气进行再次脱硫过程生产合成氨化肥。
- 1979 年，首钢化肥厂逐步停产。该区域仍旧作为首钢焦化煤气处理厂的煤气脱硫厂房，对首钢焦化厂净化后的煤气进行再次脱硫，后续进入市政管网。
- 1990 年以后，煤气脱硫停产，场区搁置。
- 2011 年该厂区划归首钢建设总公司使用，首钢建设总公司在原有厂房基础上进行翻修改建，将原有厂房改建为现有办公楼进行使用，并将该厂区作为公司的办公基地。

### **(4) 北京第一低压电器有限责任公司**

- 上世纪 60 年代之前为农田；
- 该厂区在 20 世纪 60 年代为北京市阀门五厂，主要进行阀门的维护及维修，生产阀门及配件；
- 1997 年左右北京第一低压电器厂与阀门五厂组合，更名为北京第一低压

电器有限责任公司。生产阀门、配件、配电柜及配电箱的组装；

- 2000 年以后，该厂区生产逐步减少；
- 2008 年，北京无仪美达科技有限公司租用厂区的 3 层办公大楼进行办公，主要用于测试仪器、集成电路测试仪器组装和调试。

#### (5) 首钢热力众达换热设备公司

- 上世纪 40 年代之前为农田。
- 上世纪 40 年代建成首钢热力设备厂。
- 1995 年，经北京市体改办批复、首钢总公司批准，在原有人力框架基础上成立首钢热力众达换热设备公司，归属首钢集团，主营维护、修复、生产各式换热器。
- 2001 年经北京市体改办批复，首钢总厂批准，由首钢机电公司控股，改制为具有独立法人的有限责任公司，其主要生产工艺未发生变化。

#### (6) 明塑包装制品厂

- 1971 年之前为农田；
- 1971 年建设成为北京塑料八厂，隶属于北京二轻局，主要接收聚乙烯(PP)颗粒等原料加工再次成型；
- 2003 年企业改制为股份制，并更名为明塑包装制品厂，其主要生产工艺未发生变化；
- 2009 年，企业停产，原厂址作为物业出租，主要为一些机械零配件和产品仓库。

### 2.1.4 场地现状

从历史图片上看，调查的场地经历了一些变更，主要是在首钢煤料堆场和首钢建设总公司古城基地内；首钢搬迁后，首钢煤料堆场在 2010 年左右划归首钢建设总公司使用；首钢建设总公司 2011 年开始，经过修整改造后，将原首钢煤料堆场建设成为了首钢建设总公司下属公司的办公基地，所造成的扰动相对较大。

现在的首钢建设总公司古城基地原为首钢的煤气脱硫站，首钢搬迁后，该场地在 2010 年左右划归首钢建设总公司使用；从 2011 年开始，首钢建设总公司陆续将原厂房改造成为办公楼，将原煤气脱硫站改建成了首钢建设总公司古城基地；调查区域的变化状况如图 2.1-10 所示。

- 首钢煤料堆场现在为首钢建设总公司下属企业的办公场所、脚手架及吊

机配套设备的存放处、员工宿舍；

- 首钢建设总公司古城基地为首钢建设总公司下属公司的办公场所；原脱硫厂房经过修缮后改为办公楼；
- 北京第一低压电器有限责任公司院内基础设施完好，主要进行一些电子产品的来料组装；
- 首钢电机厂厂房完好，主要进行大型电机的维修；
- 明塑包装制品厂厂房完好，现在主要为其他一些入驻公司的办公场所和一些物流公司的物品保存仓库。

调查场区的建筑分布示意图如图 2.1-11 所示。现存厂房情况如图 2.1-12 所示。



图 2.1-10 调查厂区状况变化示意图



图 2.1-11 调查区域建筑分布示意图



图 2.1-12 调查区域内部分厂房现存状况

### 2.1.5 场地未来规划

依据北辛安棚户区改造项目规划内容，如图 2.1-13。调查场地区域内未来规划主要将建设成为住宅用地；其中在调查区域的西南角的边界区域部分为规划的公交场站；在调查区域的东偏北的边界区域部分为规划中的基础教育用地。



图 2.1-13 调查区域用地情况规划图

## 2.2 场地污染识别

### 2.2.1 各个场地污染分析

#### 2.2.1.1 首钢煤料堆场

该煤堆场在 2008 年停用。通过卫星图片,可以看出在 2010 年,进行了修整,2012 年划归首钢建设总公司作为下属企业的办公用房和吊机及脚手架等设备材料的存放场地。

首钢煤料堆场是首钢的生产原料堆场,主要堆存生产用煤和焦炭;外购的各类精煤由卸煤机械卸料至煤场,采用配煤机械倒运或抓取相应数量的原料煤,按比例分别输送至配煤仓内,经配煤混合后破碎至一定颗粒大小并调湿后输送至煤塔待用。

煤料堆场负责原料煤的储存、加工和输送,为主厂区炼焦生产提供合格的装炉原料。大气排放源是来自煤的装卸、混配、粉碎、皮带运输过程中煤尘的飞扬。排放的大气污染物主要是烟尘。煤泥中含有少量的重金属及有机物,长久地堆放,受到雨水淋溶,备煤区的土壤可能会受到污染。

首钢煤料堆场的潜在污染物为堆存的原料中存在的重金属、SVOCs 以及 VOCs 等。

#### 2.2.1.2 首钢电机厂

首钢电机厂所在场地,在上世纪 50 年代以前为农田。1958 年开始,为首钢化肥厂用地,利用首钢焦化厂净化后的煤气进行再次脱硫过程生产合成氨化肥。1979 年该厂区逐步停产。1990 年初,该厂区划归首钢电机厂使用,主要进行电机维修和生产。下面针对该场地原有生产工艺进行污染分析和场地污染识别:

##### (1) 首钢化肥厂生产阶段

1958 年至 70 年代后期,该场地归首钢化肥厂使用,主要利用焦炉煤气脱硫生产化肥合成氨。主要生产原料为液氨以及由首钢焦化厂经净化后传输过来的煤气。

化肥生产工艺如图 2.2-1 所示,煤气进入脱硫塔,在脱硫塔利用氨水脱去煤气中的硫化氢,净化后的煤气进入洗氨塔,在洗氨塔内被软水洗涤,洗涤后的煤气由塔顶排出进入存储站,经调压后进入市政燃气管网。贫液送入蒸氨塔,在蒸氨塔内,氨蒸出后用来制取氮肥,蒸氨废水排往废水处理装置。上世纪 70

年代末期化肥厂关闭。

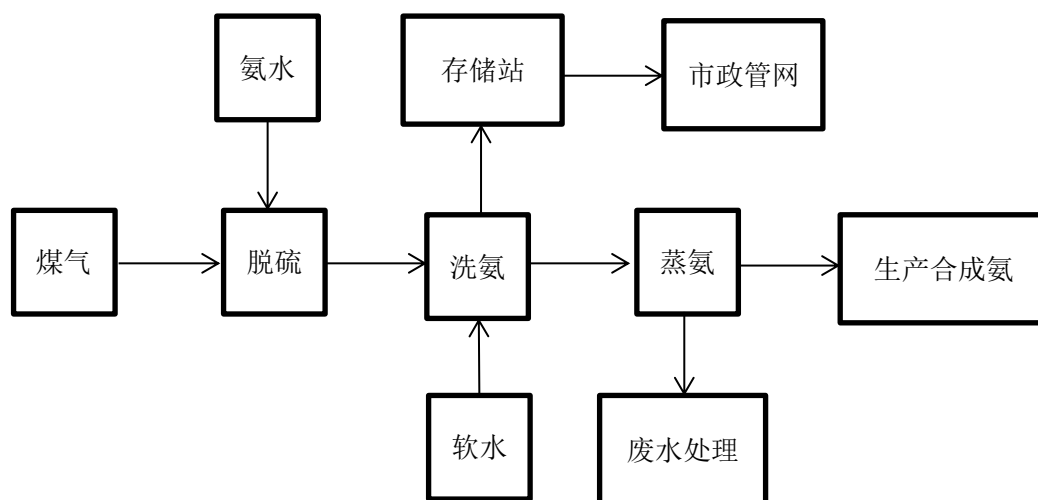


图 2.2-1 化肥生产工艺流程图

在生产阶段，产生的废气污染物主要为氨气以及煤气中的硫化物、挥发性有机物的挥发泄露；废水为化肥生产过程中的蒸氨废水，废水在集水池汇集后进入活性污泥池，经过生物处理后进入沉淀池，沉淀池的上清液为处理达标的水进入市政污水管网，沉淀池的部分污泥回流进入活性污泥池。产生的固体废物为生物污泥，经过脱水处理后进行卫生填埋。煤气输送储存过程中，罐体、管道中残存的液体可能含有多环芳烃、苯系物等有机污染物。管线可能发生渗漏，造成土壤污染。由此分析认为，该场地土壤可能会受到 VOCs 和 SVOCs 的影响。

## （2）首钢电机厂生产阶段

在 1990 年左右，首钢电机厂开始在该厂区进行生产。主要承担首钢电机的维修，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。工厂下设电机制造、变压器制造及修理、开关柜制造、机加工、电机修理、电气检修和电气试验。主要设备工艺包括数控 32 工位冲床、2.5M 数控剪刀、2.5M 数控折弯机、2M 数控线圈涨形机、32T 数控扇形冲床以及  $\Phi 200$  数控镗铣、 $\Phi 8M$  立车和  $\Phi 8M$  数控立车等重型机加工设备。在首钢电机厂的生产阶段，主要生产过程为金属元件的机加工、配件组装以及设备维修。生产过程中产生的固体废物为金属废弃物，经收集后外售给废品回收单位。

综合分析根据该场地的土地利用历史和生产工艺历史，初步判断本厂区内的主要特征污染物是 SVOCs、VOCs、重金属等。潜在重点污染区域为原来生产中的脱硫工段、储罐区、化肥生产区域和后续维修车间等区域。

### 2.2.1.3 首钢建设总公司古城基地

首钢建设总公司古城基地所在场地，在上世纪 50 年代以前为农田。1958 年开始，为首钢化肥厂用地，利用首钢焦化厂净化后的煤气进行再次脱硫过程生产合成氨化肥。1979 年，首钢化肥厂生产逐步停产。该区域仍旧作为首钢焦化煤气处理厂的煤气脱硫厂房，对首钢焦化厂净化后的煤气进行再次脱硫，后续进入市政管网。1990 年以后，煤气脱硫停产，场区搁置。2011 年该厂区划归首钢建设总公司使用，首钢建设总公司在原有厂房基础上进行翻修改建，将原有厂房改建为现有办公楼进行使用，并将该厂区作为公司的办公基地。基地办公楼建设过程中出现一定的场地建设用地扰动。

该调查区域和首钢电机厂所在调查区域在首钢化肥厂使用阶段，场地用地历史和生产工艺基本一致。因此该区域场地评价中的工艺分析、产排污节点和污染初步识别过程与首钢电机厂章节的内容一致，在此不再赘述。

下面主要介绍该场区在首钢化肥厂停产后作为煤气脱硫加压站的生产过程。

#### (1) 煤气脱硫加压站阶段

厂区内原主要工艺流程见图 2.2-2。

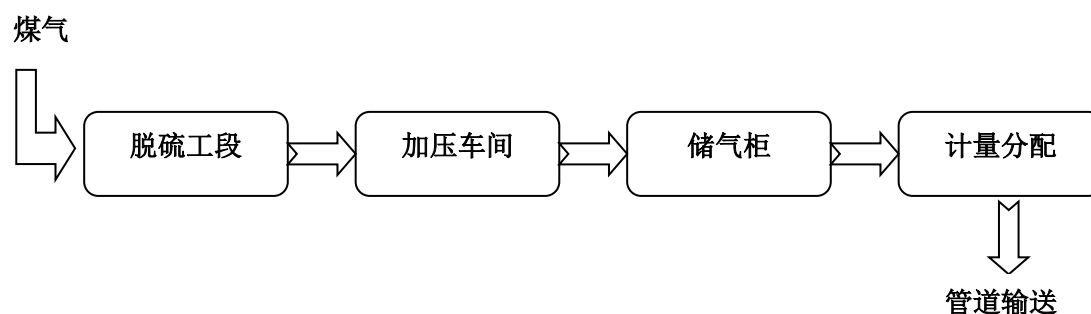


图 2.2-2 煤气储配厂生产工艺流程

#### ① 脱硫工段

脱硫工段主要采用干法脱硫，即采用含氧化铁脱硫剂去除煤气中的  $\text{H}_2\text{S}$  等含硫组分，从而使原煤气中的含硫量从  $100 \text{ mg/m}^3$  降至  $20 \text{ mg/m}^3$ 。脱硫剂定期置换，不在场地内临时堆放和暂存。

#### ② 加压工段

净化后煤气经加压车间内的空压机压缩后，储放至储气柜中。

#### ③ 分配输送

储气柜中临时储放的气体，经过计量、加压后输送至城市燃气管网。但是在

厂区内，各工段之间主要通过管路连接。

通过以上工艺分析可知，在脱硫净化过程中，废气污染物为煤气中的硫化物、挥发性有机物的挥发泄露。产生的固体废物为失效的脱硫剂，脱硫剂定期置换，不在场地内临时堆放和暂存。原煤气输送、储存过程中，罐体、管道中残存的液体可能含有多环芳烃、苯系物等有机污染物。生产过程污染物可能泄漏至土壤中，造成土壤污染。

初步判断本厂区内的主要特征污染物是 SVOCs、VOCs、重金属等。潜在重点污染区域为原来生产中的加压工段、储气罐区、地下管路等区域。

#### **2.2.1.4 北京第一低压电器有限责任公司**

该厂区在 20 世纪 60 年代为北京市阀门五厂，主要进行阀门的维护及维修，生产阀门及配件，主要的生产工艺为金属的机加工、配件组装。通过机加工制作阀门配件，对阀门进行维修，同时利用成品件组装阀门。机加工剩余的废弃金属材料，经过收集后集中处理；1997 年左右北京第一低压电器厂与阀门五厂组合，生产阀门、开关柜、控制屏、断路器、转换开关、配电柜及配电箱；涉及的工艺比较简单，主要为金属的机加工、配件组装，利用成品元件组装断路器、电控箱、控制柜等。生产过程中产生的固体废物为金属废弃物及损坏的电子元件等，经收集后外售给废品回收单位。

根据北京第一低压电器的生产历史和生产工艺，考虑周边场区的影响，该厂区内土壤存在污染的可能性，潜在特征污染物为重金属和 SVOCs 类物质等。

#### **2.2.1.5 首钢热力众达换热设备公司**

首钢热力众达换热设备公司是首钢直属单位。主要进行换热设备的维修、设计及制造加工，是首钢总厂专业化维修、生产换热器定点单位。

2001 年经北京市体改办批复，首钢总厂批准，由首钢机电厂控股，改制为具有独立法人的有限责任公司。

主要产品有：QLD 叠片式气体冷却器、KLZ 轧片式空气冷却器和 YL 油冷却器等系列产品及 BR2 级压力容器产品的制造。

主要生产工艺为动平衡和机加工。车间生产设施主要有动平衡机、桥式起重机、电焊机等。

主要的固体废物为原料机加工以及焊机等加工过程中产生的金属废弃物等，经收集后外售给废品回收单位。

考虑周边场区的影响，综合分析认为，该厂区内土壤潜在污染物为重金属、SVOCs 类物质等。

#### 2.2.1.6 明塑包装制品厂

该塑料厂原生产过程中主要采取外购母料，在此加工成型，具体生产工艺如下：

##### ① 塑料绳加工

主要外购聚乙烯（PP）颗粒，经过电加热融化后进行吹膜，拉伸后制成包装绳，然后缠绕打包后进行外售。该产品年生产规模最大时达到 4000-5000 吨。由于该生产工艺相对简单，主要可能的污染物主要来源于塑料加热过程中产生的尾气以及用于降温的循环冷却水。

##### ②塑料打包带加工

主要外购聚乙烯（PP）颗粒，经过加热融化后拉伸压制成塑料打包带，然后缠绕打包后进行外售。该产品年生产规模最大时达到 1000 吨左右。由于该生产工艺相对简单，主要可能的污染物主要来源于塑料加热过程中产生的尾气以及用于降温的循环冷却水。

##### ③塑料保护套加工

主要外购聚乙烯（PP）颗粒，经过加热融化后拉伸压制成塑料保护套，主要用于葡萄酒玻璃瓶保护。该产品属于该厂后期发展的主要产品之一，受制于企业生产经营和市场变化的原因，年生产规模最大时仅为 500 吨左右。

产生的固体废弃物主要为生产过程产生的残次品，经收集后外售其他塑料行业回收做原料。结合该场地生产工艺以及周边厂区分布情况，分析认为该场地可能的潜在污染物有重金属和 SVOCs。

### 2.2.2 场地周边情况

通过现场踏勘和收集资料，厂址周围 2km 范围内无水源地、自然保护区、文物、景观等环境敏感点。

在调查区域的西侧为首钢主厂区，北侧为棚户区，东侧为待建土地，南侧为公交场站和环卫公司，场地周边土地利用情况见图 2.2-3。



图 2.2-3 场地周边土地利用情况示意图

此次调查的 6 个场地分布相对集中，整体位于首钢主厂区东侧。经现场勘察分析，调查场地正处于首钢主厂区高炉烟囱的排放的下风向方向，直线距离为 1-2 公里，属于烟气沉降区，可能受首钢主厂区长期生产过程中气体排放的影响，造成对调查场地一定的潜在污染。

### 2.2.3 环境突发事件

经初步调查，6 个场地在生产过程中，均未出现环境污染突发事件。

### 2.2.4 污染识别小结

此次调查涉及到 6 个潜在污染地块，下面结合各场地的历史变迁和生产工艺情况分析，6 个厂区场地潜在污染状况如表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 调查区域内部分厂区潜在污染状况

| 序号 | 厂区名称   | 生产工艺                | 原辅材料及用量         | 产成品类型及产量 | 污染排放特征                                      |
|----|--------|---------------------|-----------------|----------|---------------------------------------------|
| 1  | 首钢煤料堆场 | 生产原料堆场，主要堆存生产用煤和焦炭； | 生产用煤、焦炭，用于原料堆放。 | 生产用煤、焦炭  | 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、VOCs、SVOCs。 |

|   |                |                                                               |                               |                  |                                                 |
|---|----------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|
| 2 | 首钢电机厂          | 1958 年-1980 年, 利用焦炉煤气脱硫生产化肥合成氨。<br>1990 年, 电机维修               | 焦炉煤气, 年产量约 700 万立方; 钢铁组件及相关辅件 | 煤气、合成氨、电机机械      | 无组织排放, 遗撒、泄露。排放量不明确。<br>潜在特征污染物为重金属、VOCs、SVOCs。 |
| 3 | 首钢建设总公司古城基地    | 1958 年-1980 年, 利用焦炉煤气脱硫生产化肥合成氨。<br>化肥厂停产后, 进行首钢焦化煤气的过滤、加压、储存站 | 焦炉煤气, 年产量约 700 万立方            | 煤气               | 无组织排放。排放量不易评估。<br>潜在特征污染物为重金属、VOCs、SVOCs。       |
| 4 | 北京第一低压电器有限责任公司 | 生产低压电器元件, 辅件和低压成套设备装置, 主要为来料组装                                | 电器元件, 电控箱                     | 电器元件             | 固废遗撒、泄露。排放量不明确。潜在特征污染物为重金属、SVOCs。               |
| 5 | 首钢热力众达换热设备公司   | 换热设备生产、维修, 来料组装                                               | 钢铁组件及相关辅件, 30 余台生产设备          | 换热设备, 年产量 170 台套 | 固废遗撒、泄露。排放量不明确。<br>潜在特征污染物为重金属、SVOCs。           |
| 6 | 明塑包装制品厂        | 外购母料, 塑料加工成型。                                                 | 聚乙烯 (PP) 颗粒。年产约 80 吨          | 塑料成品             | 无组织排放, 遗撒、泄露。排放量不易评估。<br>潜在特征污染物为重金属、SVOCs。     |

## 2.3 初步污染识别结论与建议

### 2.3.1 结论

通过对原首钢煤料堆场、首钢电机厂、首钢建设总公司古城基地、北京第一低压电器有限责任公司、首钢热力众达换热设备公司、明塑包装制品厂的初步污染识别, 场区内未发生环境污染事故, 没有明显的污染痕迹, 场地的地下管线主要为地下电缆、雨水排水沟、自来水给排水管线、热力管线; 地下构筑物有地下防空洞、化粪池等; 地上管线主要是沿着原首钢煤料堆场与首钢电机厂交界围墙走向的架空煤气管道和暖气管道, 煤气管道在首钢停产后已停用。

原首钢煤料堆场场区的土壤受到堆存物料的影响, 土壤可能受到重金属、SVOCs 和 VOCs 类污染物的污染。

首钢电机厂和首钢建设总公司古城基地所在场区经历过用地及生产工艺的改变, 在以前的生产过程中, 受到工艺性质的影响, 可能对场区的土壤和地下水造成一定的污染, 潜在污染物为重金属、VOCs 类和 SVOCs 类污染物。

北京第一低压电器有限责任公司主要是对电子元件进行组装, 生产电子检测仪器, 场区内没有明显的污染痕迹, 由于可能会受到周边环境的影响, 场区内的

土壤需要进行采样调查，主要调查污染物为重金属和 SVOCs 类污染物。

首钢热力众达换热设备公司主要进行金属材料的机加工。主要废弃物为碎铁片等，场区内没有明显的污染痕迹，由于可能会受到周边环境的影响，场区内的土壤需要进行采样调查，主要调查污染物为重金属和 SVOCs 类污染物。

明塑包装制品厂在原材料的使用过程中，原料颗粒物的热熔、遗撒、尘降等过程可能对厂房附近土壤造成一定的影响，潜在的污染物为 SVOCs 类和重金属污染物。

经初步识别，评价场地内疑似污染区域包括煤料堆场、化肥生产区、脱硫区、储罐区、废水处理池以及各个厂区的主要生产车间。结合初步污染识别和调查区域周边环境状况，认为调查场地内存在土壤和地下水的潜在污染。原首钢煤料堆场、首钢电机厂和首钢建设总公司古城基地所在厂区的主要潜在污染物为重金属、SVOCs、VOCs；北京第一低压电器有限责任公司、首钢热力众达换热设备公司、明塑包装制品厂所在厂区的主要潜在污染物为重金属、SVOCs 类物质。

### 2.3.2 建议

第一阶段场地评价该场地土壤和地下水存在潜在污染的可能。因此，需进行第二阶段场地评价工作。

建议第二阶段采样采用判断布点和网格布点相结合的方法确定采样位置，进行现场采样和污染判断。

### 3 场地污染现场调查

#### 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，主要采用判断布点和网格布点相结合原则，进行场地采样调查；现场采样过程中根据场地实际情况判断，实时调整采样点的位置，确保掌握整个场地的污染状况。

##### 3.1.2 土壤采样布点方案

在场地污染识别的基础上，采用判断布点和网格布点的原则，选择潜在污染区域进行土壤布点采样，对污染区域、污染深度、污染物种类进行确认。

依据该场地区域水文地质资料，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-3m 左右；

第 5 层：3m-5m 左右；

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

经现初期采样和补充采样，此次场地调查调查土壤采样孔 71 个，采集土壤样品 318；测试重金属 150 个、测试 SVOCs 235 个，测试 VOCs 83 个。

调查区域土壤取样孔具体情况如表 3.1-1。

调查区域土壤钻孔具体分布情况见下图 3.1-1。

表 3.1-1 采样点位信息表

| 厂区名称       | 采样点 | 钻进深度<br>(m) | 采样深度<br>(m) | 测试指标      |
|------------|-----|-------------|-------------|-----------|
| 首钢煤堆料<br>场 | SJ1 | 6.5         | 0.3         | 重金属、SVOCs |
|            |     |             | 2.3         | 重金属、SVOCs |
|            |     |             | 3           | SVOCs     |

|  |      |     |     |                |
|--|------|-----|-----|----------------|
|  |      |     | 3.5 | SVOCs          |
|  |      |     | 6   | SVOCs          |
|  | SJ2  | 3.8 | 0.2 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 3.8 | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ4  | 6.8 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 5   | SVOCs、VOCs     |
|  |      |     | 5.5 | SVOCs、VOCs     |
|  |      |     | 6.8 | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ7  | 5.0 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 4.5 | SVOCs、VOCs     |
|  |      |     | 5   | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ8  | 3.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 3.3 | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ9  | 2.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  | SJ12 | 4.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 3   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 4.5 | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ13 | 3.7 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.6 | 重金属、SVOCs、VOCs |

|  |      |      |      |                |
|--|------|------|------|----------------|
|  |      |      | 3.7  | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ14 | 3.5  | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 2.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 3.5  | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ15 | 3.6  | 0.2  | 重金属、SVOCs      |
|  |      |      | 1    | 重金属、SVOCs      |
|  |      |      | 2    | 重金属、SVOCs      |
|  |      |      | 3.6  | SVOCs          |
|  | SJ16 | 7.8  | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 3    | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 6    | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 7.8  | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ17 | 4.0  | 0.3  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 2    | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 3    | SVOCs、VOCs     |
|  |      |      | 4    | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ18 | 3.0  | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 2    | 重金属、SVOC、VOCs  |
|  |      |      | 3    | SVOCs、VOCs     |
|  | SJ19 | 16.0 | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 2.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 5    | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |      | 8.5  | SVOCs、VOCs     |
|  |      |      | 11.5 | SVOCs、VOCs     |

|             |      |     |      |                |
|-------------|------|-----|------|----------------|
|             |      |     | 12.7 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 16   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             | SJ20 | 4.7 | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 2.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 3.7  | SVOCs、VOCs     |
|             |      |     | 4    | SVOCs、VOCs     |
|             |      |     | 4.7  | SVOCs、VOCs     |
|             | SJ21 | 7.5 | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 2.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 7.5  | SVOCs、VOCs     |
|             | SJ22 | 5.0 | 0.3  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 1.5  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 2.5  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 4.5  | SVOCs          |
|             |      |     | 5    | SVOCs          |
| 首钢建设总公司古城基地 | SGJ1 | 1.5 | 0.5  | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 1    | 重金属、SVOCs、VOCs |
|             |      |     | 1.3  | 重金属、SVOCs      |
|             | SGJ2 | 2.0 | 0.2  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 1.2  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 2    | 重金属、SVOCs      |
|             | SGJ3 | 2.5 | 0.2  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 1.2  | 重金属、SVOCs      |
|             |      |     | 2    | 重金属、SVOCs      |

|       |      |     |     |                |
|-------|------|-----|-----|----------------|
|       | SGJ4 | 5.0 | 0.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 3   | 重金属、SVOCs      |
|       |      |     | 4.6 | 重金属、SVOCs      |
|       | SGJ5 | 1.2 | 0.5 | 重金属、SVOCs      |
|       |      |     | 1.1 | 重金属、SVOCs      |
|       | SGJ6 | 1.7 | 0.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs      |
|       | SGJ7 | 2.2 | 0.2 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1.2 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 2.2 | 重金属、SVOCs      |
|       | SGJ8 | 2.0 | 0.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs      |
|       |      |     | 2   | 重金属、SVOCs      |
|       | SGJ9 | 1.6 | 1   | 重金属、SVOCs      |
|       |      |     | 1.6 | 重金属、SVOCs      |
| 首钢电机厂 | JD1  | 0.5 | 0.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       | JD2  | 0.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs      |
|       | JD4  | 2.2 | 0.3 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|       |      |     | 2.2 | SVOCs、VOCs     |

|  |      |     |     |                |
|--|------|-----|-----|----------------|
|  | JD5  | 2.3 | 0.7 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.1 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.3 | SVOCs          |
|  | JD6  | 1.7 | 1   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 1.7 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  | JD7  | 1.5 | 0.9 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 1.4 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  | JD9  | 0.5 | 0.4 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  | JD10 | 0.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs      |
|  | JD11 | 1.7 | 0.2 | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 1   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 1.7 | SVOCs          |
|  | JD15 | 2.2 | 0.5 | 重金属、SVOCs      |
|  |      |     | 1.2 | 重金属、SVOCs      |
|  |      |     | 2.2 | SVOCs          |
|  | JD16 | 3.0 | 0.5 | 重金属、SVOCs      |
|  |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs      |
|  |      |     | 2.7 | SVOCs          |
|  |      |     | 3   | SVOCs          |
|  | JD17 | 2.5 | 1   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|  |      |     | 2.5 | SVOCs          |
|  | JD18 | 2.2 | 0.5 | 重金属、SVOCs      |
|  |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs      |

|                |                   |     |     |                |
|----------------|-------------------|-----|-----|----------------|
|                |                   |     | 2.2 | SVOCs          |
|                | JD19              | 2.6 | 1   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|                |                   |     | 2   | 重金属、SVOCs、VOCs |
|                |                   |     | 2.6 | SVOCs          |
|                | RL1(位于首钢电机厂西侧围墙外) | 0.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs      |
|                | RL2(位于首钢电机厂西侧围墙外) | 0.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs      |
| 北京第一低压电器有限责任公司 | DYS1              | 2.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 1   | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 2   | SVOCs          |
|                |                   |     | 2.5 | SVOCs          |
|                | DYS2              | 2.0 | 0.2 | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 1   | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 2   | SVOCs          |
|                | DYS3              | 2.0 | 0.4 | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 1.4 | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 2   | SVOCs          |
|                | DYS4              | 3.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 1   | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 3   | SVOCs          |
|                |                   |     | 3.5 | SVOCs          |
|                | DYS5              | 5.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 1   | 重金属、SVOCs      |
|                |                   |     | 1.8 | SVOCs          |
|                |                   |     | 3   | SVOCs          |

|  |       |     |     |           |
|--|-------|-----|-----|-----------|
|  |       |     | 5   | SVOCs     |
|  |       |     | 5.5 | SVOCs     |
|  | DYS6  | 3.0 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 3   | SVOCs     |
|  | DYS7  | 2.4 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 2   | SVOCs     |
|  |       |     | 2.4 | SVOCs     |
|  | DYS8  | 4.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 2   | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 3   | SVOCs     |
|  |       |     | 4.3 | SVOCs     |
|  | DYS9  | 3.0 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 2   | SVOCs     |
|  |       |     | 3   | SVOCs     |
|  | DYS10 | 4.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 0.3 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 3   | SVOCs     |
|  |       |     | 4.4 | SVOCs     |
|  | DYS11 | 4.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 0.3 | 重金属、SVOCs |

|                      |      |     |     |           |
|----------------------|------|-----|-----|-----------|
|                      |      |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 2.5 | SVOCs     |
|                      |      |     | 4.3 | SVOCs     |
|                      |      |     | 4.5 | SVOCs     |
| 首钢热力众<br>达换热设备<br>公司 | RL4  | 2.7 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 2.7 | SVOCs     |
|                      | RL5  | 1.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1.3 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1.5 | SVOCs     |
|                      | RL6  | 3.4 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 2   | SVOCs     |
|                      |      |     | 3.4 | SVOCs     |
|                      | RL7  | 2.0 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 2   | 重金属、SVOCs |
|                      | RL8  | 2.5 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1.5 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 2.3 | SVOCs     |
|                      | RL9  | 3.0 | 0.5 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 1.6 | 重金属、SVOCs |
|                      |      |     | 3   | SVOCs     |
|                      | RL10 | 2.1 | 0.2 | 重金属、SVOCs |

|             |       |     |     |           |
|-------------|-------|-----|-----|-----------|
|             |       |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 2.1 | SVOCs     |
|             |       |     |     |           |
|             | RL11  | 2.0 | 1   | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1.3 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 2   | SVOCs     |
|             | RL12  | 2.5 | 0.5 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1   | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1.4 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 2.3 | SVOCs     |
|             | RL13  | 2.7 | 0.5 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1.6 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 2.7 | SVOCs     |
|             | RL14  | 2.0 | 0.7 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1.5 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 2   | SVOCs     |
| 明塑包装制<br>品厂 | MS-S1 | 2.6 | 0.3 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1   | SVOCs     |
|             |       |     | 2.5 | SVOCs     |
|             | MS-S2 | 4.6 | 0.3 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 2.2 | SVOCs     |
|             |       |     | 4.5 | SVOCs     |
|             | MS-S3 | 2.0 | 0.2 | 重金属、SVOCs |
|             |       |     | 1.2 | SVOCs     |
|             |       |     | 2   | SVOCs     |

|  |       |     |     |           |
|--|-------|-----|-----|-----------|
|  | MS-S4 | 5.0 | 0.3 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1.8 | SVOCs     |
|  |       |     | 3   | SVOCs     |
|  |       |     | 4.5 | SVOCs     |
|  | MS-S5 | 5.0 | 0.3 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1.5 | SVOCs     |
|  |       |     | 3   | SVOCs     |
|  |       |     | 4.5 | SVOCs     |
|  | MS-S6 | 5.0 | 0.3 | 重金属、SVOCs |
|  |       |     | 1   | SVOCs     |
|  |       |     | 2   | SVOCs     |
|  |       |     | 4.5 | SVOCs     |



图 3.1-1 土壤及地下水钻孔位置示意图

### 3.1.3 钻探取样

此次现场采样使用冲击钻探和人工钻进行土壤采样。取样结束后回填钻孔，结束该点样品采集工作。

现场土壤样品采集均由评价单位专业人员现场工作。由于 VOCs 类样品的敏感性，为降低样品采集的不确定性，取样时要求严格按照取样规范进行操作，采用 EasyDraw 针孔取样器现场取样。

现场采样过程中，由于场地自身条件限制，取样点位位置有所调整。土壤采样现场取样记录情况见附件 2 土壤采样现场记录表。

### 3.1.4 土壤样品现场快速筛查

现场土壤样品采集时，使用 PID 以及 XRF 对土壤污染情况进行现场快速筛查，相对准确判断土壤污染区域和污染深度。同时结合 PID 和 XRF 检测结果，适当调整土壤采样深度及层数，并选取土壤样品进行采集保存，送至实验室检测分析。

## 3.2 地下水样品现场采集

根据现场踏勘和土壤样品采样现状分析，在首钢电机厂布设 1 个地下水监测井。该场地调查地下水监测井使用汽车钻进行建井。监测井的具体信息如表 3.2-2 所示。

表 3.2-2 地下水监测井信息

| 地下水监测井 | X         | Y         | 成孔深度 | 筛管顶部埋深 | 水位埋深 | 对应的土壤采样孔 |
|--------|-----------|-----------|------|--------|------|----------|
| MW1    | 484048.86 | 305289.59 | 55m  | 50m    | 51m  | JD11     |

针对该场地地下水监测，地下水样品采集深度为 51m 左右。具体采样过程检测数据见下表 3.2-3。地下水监测指标包括 SVOCs、VOCs 和重金属。

表 3.2-3 地下水取样记录表

| 井孔编号 | 水温(℃) | 溶氧(mg/l) | 电导(us/cm) | pH  | 氧化还原电位(mv) | 静止水位埋深(m) |
|------|-------|----------|-----------|-----|------------|-----------|
| MW1  | 13    | 2.82     | 1284      | 7.7 | -18.6      | 51.49     |

另外在首钢煤堆料场设置的两个地下水监测井，钻探深度为 50m，成井后井内未见出水。经调查，该区域北侧地铁 S1 号线正在进行施工，可能由于周围施工降水造成地下水水位下降。

为全面掌握调查区域地下水水质特征，参考了 2014 年 10 月首钢主厂区内的监测井及周边井的监测数据，具体信息如表 3.2-4 所示，监测井位置如图 3.2-1 所示。后续将结合首钢主厂区监测井地下水水质数据综合分析本调查场地地下水水质特征。

表 3.2-4 首钢主厂区监测井信息表

| 地下水监测井 | X         | Y         | 地面标高 (m) | 井口标高 (m) | 水位标高 (m) | 水位埋深 (m) |
|--------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| W1     | 483045.25 | 305072.29 | 83.35    | 83.71    | 30.21    | 53.50    |
| W2     | 483920.65 | 304746.53 | /        | 78.96    | 28.74    | 50.22    |
| W3     | 483971.03 | 305181.33 | /        | 78.24    | 29.05    | 49.19    |

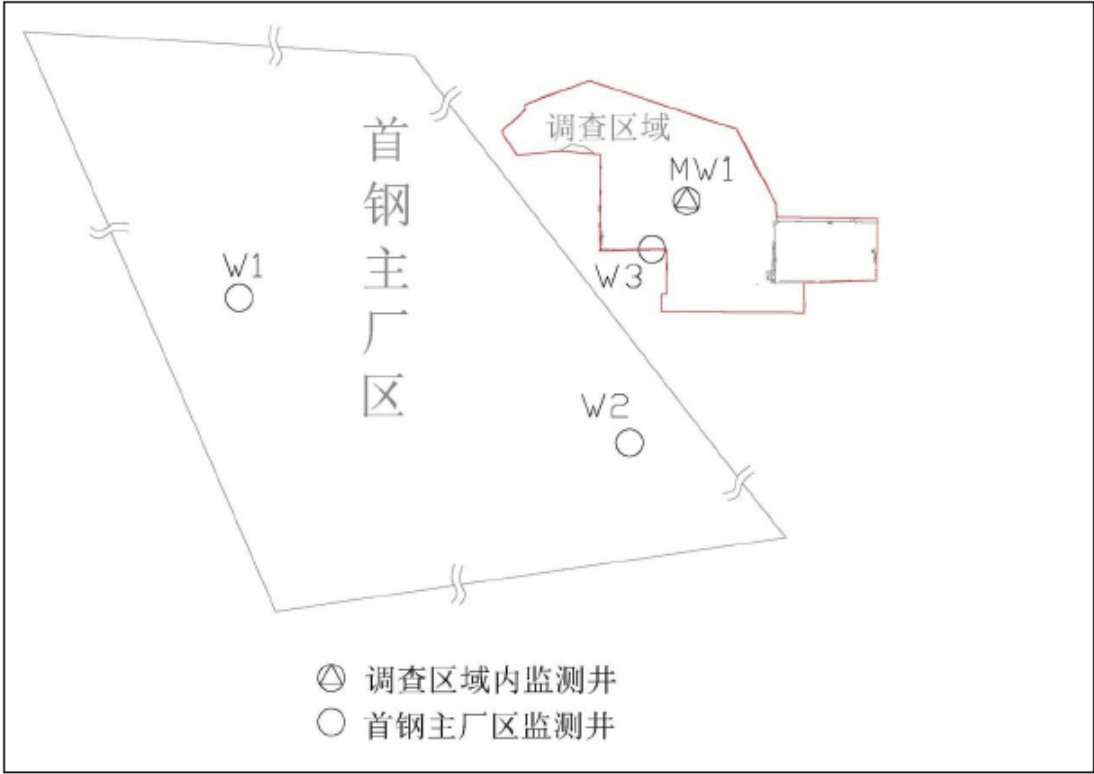


图 3.2-1 监测井位置示意图

### 3.3 水文地质调查

该场地水文地质调查方法贯穿于该场地调查土壤和地下水污染调查的全过程，调查过程中进行土壤钻孔和地下水监测井建井，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，见附件 3 所示。

### 3.4 样品采集与保存

#### 3.4.1 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分为两大类: VOCs 样品采用非扰动采样法,使用甲醇液封保存;重金属和 SVOCs 采用常规采样方法,直口玻璃瓶保存。现场使用 PID 对土壤样品中的 VOCs 浓度进行检测,使用 XRF 对土壤样品中的重金属含量进行检测。

现场样品采集与保存方法见表 3.4-1。

表 3.4-1 现场样品采集与保存方法

| 容器       | 指标类型      | 备注                  |
|----------|-----------|---------------------|
| 40ml 棕色瓶 | VOCs      | 采集时预先放置保存剂,采样后保温箱冷藏 |
| 直口瓶      | SVOCs、重金属 | 采样后保温箱冷藏            |

VOCs 类样品采集过程为:

- 取样剖面:进行 VOCs 类土样取样前,使用弯刀刮去表层约 1cm 厚土壤,排除因取样管接触或空气暴露造成的表层土壤 VOCs 流失。
- 取样:快速使用 Easydraw 针管取样器进行取样,取样量为 5g 左右,转移至加有甲醇保护液的 VOCs 样品瓶中,进行封装。
- 保存:为延缓 VOCs 流失,样品通常在 4℃左右保存,保存期限 7 天。

现场过程如图 3.4-1 所示。



图 3.4-1 现场采样过程

### 3.4.2 地下水样品采集与保存

样品采集后立即放到装有保温冰块的保温箱中，注意保温箱内温度不超过 4℃。水样品的保存如表 3.4-2 所示。

表 3.4-2 地下水样品保存方法

| 序号 | 检测类                 | 容器             | 注意事项                                  | 保存        |
|----|---------------------|----------------|---------------------------------------|-----------|
| 1  | 挥发性物质 (VOCs)        | 棕色玻璃瓶 (40mL)   | 装样前加 HCl 至 pH<2，水样装满瓶子后不留空气，用聚四氟乙烯盖封口 | 保温箱，温度≤4℃ |
| 2  | 半挥发性有机物 (SVOCs)、重金属 | 棕色玻璃瓶 (1000mL) | 水样装满瓶子，不留空气，用带螺纹的聚四氟乙烯盖封口             | 保温箱，温度≤4℃ |

## 3.5 实验室检测

### 3.5.1 检测项目

该场地不同的潜在污染区域可能残留的土壤污染物类型不同，因此相应的检测因子不同，具体如表 3.5-1 所示。

表 3.5-1 场地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        |
|----------------|-------------|-----------------|
| 首钢煤料堆场         | 第 1 层和第 2 层 | 重金属、VOCs、SVOCs  |
|                | 第 2 层以下     | VOCs、SVOCs      |
| 首钢电机厂          | 第 1 层和第 2 层 | 重金属、VOCs 、SVOCs |
|                | 第 2 层以下     | VOCs 、SVOCs     |
| 首钢建设总公司古城基地    | 第 1 层和第 2 层 | 重金属、VOCs 、SVOCs |
|                | 第 2 层以下     | VOCs 、SVOCs     |
| 首钢热力众达换热设备公司   | 第 1 层和第 2 层 | 重金属、SVOCs       |
|                | 第 2 层以下     | SVOCs           |
| 北京第一低压电器有限责任公司 | 第 1 层和第 2 层 | 重金属、SVOCs       |
|                | 第 2 层以下     | SVOCs           |
| 明塑包装制品厂        | 第 1 层和第 2 层 | 重金属、SVOCs       |
|                | 第 2 层以下     | SVOCs           |

### 3.5.2 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 3.5-2 所示。土壤样品和地下水样品检测方法见附件 4 和附件 5 采样样品检测报告及质检报告。

表 3.5-2 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       |
| 5 | VOCs              | 《气相色谱-质谱法测定挥发性有机化合物》EPA 8260C                           | 气质联用仪       |

## 3.6 全过程质量控制

### 3.6.1 现场采样前的准备工作

在采样前要做好相关的防护、设备维护、人员分工、现场定点等工作。填写采样前准备事项一览表。采样前的准备工作包括：

- 在采样前应该做好个人的防护工作，佩戴安全帽、眼罩、防毒面罩；
- 根据采样计划，准备采样计划单、钻探记录单、土壤采样记录单、地下水采样记录单、样品追踪单及采样布点图。
- 准备 GPS 定位仪、相机、PID、样品瓶、标签、签字笔、保温箱、保温冰块、橡胶手套、蒸馏水、不锈钢铲子、聚四氟乙烯胶带、岩箱、采样器等；
- 确定采样设备和台数；
- 进行明确的任务分工；
- 现场定点，依据采样布点方案和采样计划，采样前一天或采样当天，采用金属探测器和探地雷达等设备探测地下障碍物，确保采样位置避开地下电缆、管线、沟、槽等地下障碍物，采用卷尺、经纬仪和水准仪等工具在现场确定采样点的具体位置，在现场做记号，并在图中标出。

### 3.6.2 现场采样质量控制

采样过程中，需采取以下措施保证采样质量：

- 每次取土样之前，清洗取土器；
- 每次取样佩戴一次性手套，每取完一个土层，更换手套；
- 每取完一个土层，更换塑料布；
- 对每层土壤，取样顺序为：VOC 土样，含水率土样，SVOC 土样，重金属土样，土壤理化性质土样；取样后将 VOC、SVOC、含水率样品放置

在 4℃低温保温箱中，再将所有样品 48 小时内送至检测单位；

- 配置专人操作现场筛选仪器，不得随意更换人员；

- 按照 VOC、SVOC、重金属的顺序取水样，放置在 4℃低温保温箱中，48 小时内送至检测单位。

- 对于所有土壤和地下水样品根据规范要求选择合适的保存容器和保存剂。

- 采集现场质量控制样。在采样过程中，现场控制样品数量为检测样品的 10%左右。

- 现场样品的采集应严格按照相关的标准和规范进行样品采集操作和样品保存，避免交叉污染和样品损失。

- 现场采集时，应该详细说明现场观察的资料，比如土壤层的深度，沉积物的颜色，土壤质地，气味，水的颜色，气象条件，以便用于后期的采样和修复。当样品从场地转入清洁样品容器时，应该保持采样设备的清洁；当不用采样设备进行采样或对采样设备保存时，应该对采样设备进行清洗，防止样品的交叉感染。

- 现场采样时详细填写现场记录单，包括采样土壤深度、土壤质地、气味、PID 测试数据等，以便为后续分析工作提供依据。

采样过程中的安全措施参照《工业用化学产品采样安全通则》（GB3723-1999）。具体内容包括：

- ✧ 确定现场健康安全监管员；

- ✧ 识别现场及现场活动的危害因素和暴露途径；

- ✧ 危害水平评估和防护水平评估；

- ✧ 监测计划；

- ✧ 防火、防触电、防意外伤害计划；

- ✧ 防有毒有害暴露计划；

- ✧ 应急计划；

- 医疗处置计划；

- 应急设备；

- 疏散计划；

- 应急通信等。

### 3.6.3 样品运输与交接

**装运前核对** 采样结束后现场逐项检查, 采样记录表、样品标签等, 有缺项、漏项和错误处, 及时补齐和修正后装运。

**样品运输** 样品运输过程中严防损失、混淆或沾污, 并将样品在遮光、低温(4℃) 冷藏条件下尽快送至实验室分析测试。

**样品交接** 样品送到实验室后, 采样人员和实验室样品管理员双方同时清点核实样品, 并在样品流转单上签字确认, 样品流转单一式四份, 由采样人员填写并保存一份, 样品管理员保存一份, 交分析人员两份, 其中一份存留, 另一份随数据存档。样品管理员接样后及时与分析人员进行交接, 双方核实清点样品, 核对无误后分析人员在样品流转单上签字, 然后进行样品制备。

### 3.6.4 实验室质量控制

根据 HJ/T 164 和 HJ/T 166 的标准要求进行实验室分析质量保证和质量控制。

实验室从接样到出数据报告的整个过程严格执行 CNAL/AC01: 2003《检测和校准实验室认可准则》体系和计量认证体系要求。

实验室分析时设实验室空白样、平行样、基质加标样。要求分析结果中平行盲样的相对标准偏差均在要求的范围内, 实验室加标和基质加标的平行样品均在要求的相对百分偏差内。样品的保留时间、保留温度等实验室内部质量保证/控制措施均符合规定的要求。具体见附件-样品检测报告。

### 3.6.5 质量控制结果

调查中共采集土壤样品 318 件, 其中平行样 15 个; 采集地下水样品 2 个, 包括 1 个平行样。实验室检测过程中共有实验室控制样 18 个, 平行样 18 个, 加标平行样 18 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%-20.2%; 加标平行样的控制范围是 0%-21.4%, 符合质量控制要求。

## 4 场地调查结果分析

### 4.1 场地水文地质调查情况

根据钻探结果,场地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,将场地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。钻孔柱状图见附件 3。

表 4.1-1 场地地层分布一览表

| 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 场地土壤污染特征分析

本次评价以北京市地方标准《场地环境评价导则》(DB11/T 656-2009)为主要参考标准对场地污染情况进行分析。土壤样品的检测结果见附件 4。

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场地主要以北京颁布的《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。

#### 4.2.1 场地土壤中重金属污染特征

##### 4.2.1.1 首钢煤料堆场

此次场地调查中,首钢煤料堆场有 39 个样品进行了土壤中砷、铬、铅、锌和镉等重金属类污染物含量的检测。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,超过筛选标准值的污染物是重金属砷,有 13 个样品超过筛选值,结果如表 4.2-1 所示。

表 4.2-1 土壤样品中砷超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物                  | 砷  |
|----|----------------------|----|
|    | 筛选值（DB11/T 811-2011） | 20 |
| 1  | SJ2-1                | 57 |
| 2  | SJ2-2                | 35 |
| 3  | SJ4-1                | 22 |
| 4  | SJ8-1                | 36 |
| 5  | SJ9-1                | 40 |
| 6  | SJ13-1               | 49 |
| 7  | SJ13-2               | 22 |
| 8  | SJ14-1               | 37 |
| 9  | SJ16-2               | 22 |
| 10 | SJ16-3               | 32 |
| 11 | SJ17-1               | 32 |
| 12 | SJ21-1               | 22 |
| 13 | SJ22-2               | 21 |

重金属超标污染物的检测结果统计数据如表 4.2-2 所示，土壤样品中重金属砷的最小检测浓度小于 1mg/kg，最大检测浓度为 57mg/kg，95%置信水平上限浓度值为 26.67mg/kg。

表 4.2-2 土壤样品中砷的检测浓度统计情况

| 污染物 | 超标样品个数 | 最大浓度（mg/kg） | 最小浓度（mg/kg） | 95%置信水平上限值（mg/kg） | 报告检出限（mg/kg） | 筛选值（mg/kg） |
|-----|--------|-------------|-------------|-------------------|--------------|------------|
| 砷   | 13     | 57          | <1          | 26.67             | 1.0          | 20         |

#### 4.2.1.2 首钢电机厂

首钢电机厂有 26 个样品进行了土壤中砷、铬、铅、锌和镉等重金属类污染物的检测，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，超过筛选标准值的污染物主要是重金属砷，有 12 个样品中重金属砷的浓度超过筛选值，结果如表 4.2-3 所示。

表 4.2-3 土壤样品中砷超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 编号 | 污染物                  | 砷  |
|----|----------------------|----|
|    | 筛选值（DB11/T 811-2011） | 20 |
| 1  | JD1-1                | 87 |
| 2  | JD2-1                | 71 |
| 3  | JD6-1                | 47 |
| 4  | JD6-2                | 30 |
| 5  | JD7-1                | 46 |
| 6  | JD9-1                | 54 |
| 7  | JD10-1               | 21 |
| 8  | JD15-1               | 74 |
| 9  | JD16-1               | 57 |
| 10 | JD19-2               | 92 |
| 11 | RL1                  | 24 |
| 12 | RL2                  | 28 |

重金属砷的检测结果统计数据如表 4.2-4 所示，土壤样品中，重金属砷的最小检测浓度为 1mg/kg，最大检测浓度为 92mg/kg，95%置信水平上限浓度值为 42.72mg/kg。

表 4.2-4 土壤样品中砷的检测浓度统计情况

| 污染物 | 超标样品个数 | 最大浓度（mg/kg） | 最小浓度（mg/kg） | 95%置信水平上限值（mg/kg） | 报告检出限（mg/kg） | 筛选值（mg/kg） |
|-----|--------|-------------|-------------|-------------------|--------------|------------|
| 砷   | 12     | 92          | 1           | 42.72             | 1.0          | 20         |

#### 4.2.1.3 首钢建设总公司古城基地

首钢建设总公司古城基地有 28 个样品进行了土壤中砷、铬、铅、锌和镉等

重金属类污染物的检测，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，检测样品中的土壤重金属浓度均未超过筛选值。

#### 4.2.1.4 北京第一低压电器有限责任公司

北京第一低压电器有限责任公司场区内，有 24 个样品进行了土壤中砷、铬、铅、锌和镉等重金属类污染物的检测，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，只有样品 DYS2-2 中砷的检测值为 21mg/kg,超过了筛选值 20mg/kg。

#### 4.2.1.5 首钢热力众达换热设备公司

首钢热力众达换热设备公司场区内，有 27 个样品进行了土壤中砷、铬、铅、锌和镉等重金属类污染物的检测，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，检测样品中有 13 个土壤样品中的重金属砷浓度超过筛选值，检测结果如表 4.2-5 所示。

表 4.2-5 土壤样品中砷超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物                  | 砷  |
|----|----------------------|----|
|    | 筛选值（DB11/T 811-2011） | 20 |
| 1  | RL4-2                | 26 |
| 2  | RL5-1                | 33 |
| 3  | RL6-1                | 62 |
| 4  | RL7-1                | 38 |
| 5  | RL7-2                | 30 |
| 6  | RL9-1                | 42 |
| 7  | RL10-1               | 70 |
| 8  | RL12-1               | 34 |
| 9  | RL12-2               | 21 |
| 10 | RL13-1               | 32 |
| 11 | RL14-1               | 60 |

|    |        |    |
|----|--------|----|
| 12 | RL14-2 | 35 |
| 13 | RL15-2 | 38 |

重金属超标污染物的检测结果统计数据如表 4.2-6 所示，土壤样品中，重金属砷的最小检测浓度为 4mg/kg，最大检测浓度为 70mg/kg，95%置信水平上限值为 39.54mg/kg。

表 4.2-6 土壤样品中砷的检测浓度统计检出情况

| 污染物 | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上限值 (mg/kg) | 筛选值 (mg/kg) |
|-----|--------|--------------|--------------|--------------------|-------------|
| 砷   | 15     | 70           | 4            | 32.26              | 20          |

#### 4.2.1.6 明塑包装制品厂

明塑包装制品厂场区内，土壤样品中砷、铬、铅、锌和镉等重金属污染物的检测浓度均未超过筛选值。

### 4.2.2 场地土壤中 SVOC 污染特征

#### 4.2.2.1 首钢煤料堆场

首钢煤料堆场场区内，共有 69 个的土壤样品进行了 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 18 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，结果如表 4.2-7 所示，超过筛选值的 SVOCs 主要是苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、菲、茚并(1,2,3-cd)芘。其中检测浓度超过苯并(k)荧蒽的筛选值的只有土壤样品 SJ16-2，超过菲的筛选值的只有土壤样品 SJ1-3。

表 4.2-7 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物/样品编号              | 苯并(a)芘 | 苯并(a)蒽 | 苯并(b)荧蒽 | 苯并(k)荧蒽 | 菲    | 茚并(1,2,3-cd)芘 |
|----|-----------------------|--------|--------|---------|---------|------|---------------|
|    | 筛选值 (DB11/T 811-2011) | 0.2    | 0.5    | 0.5     | 5       | 5    | 0.2           |
| 1  | SJ1-1                 | 0.81   | 0.58   | 1.12    | 0.69    | 0.97 | 0.66          |
| 2  | SJ1-2                 | 0.25   | 0.20   | 0.37    | 0.18    | 0.52 | 0.27          |
| 3  | SJ1-3                 | 1.68   | <0.10  | <0.10   | <0.10   | 11.0 | <0.10         |
| 4  | SJ2-1                 | 0.17   | 0.16   | 0.26    | 0.14    | 0.18 | 0.24          |

|    |        |       |       |       |       |       |       |
|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5  | SJ2-2  | 0.16  | 0.18  | 0.33  | 0.12  | 0.40  | 0.27  |
| 6  | SJ4-1  | 0.53  | <0.10 | 0.58  | 0.22  | 1.07  | <0.10 |
| 7  | SJ4-2  | 0.20  | 0.23  | 0.26  | <0.10 | 0.78  | <0.10 |
| 8  | SJ4-3  | 1.02  | 0.41  | 0.96  | 0.44  | 2.78  | <0.10 |
| 9  | SJ7-1  | <0.10 | 8.26  | 13.8  | 3.93  | <0.10 | 9.67  |
| 10 | SJ7-2  | 0.67  | 0.68  | 0.82  | 0.52  | 0.51  | 0.70  |
| 11 | SJ8-1  | 0.39  | <0.10 | 0.85  | 0.29  | 0.92  | <0.10 |
| 12 | SJ9-1  | 0.40  | 0.25  | 0.49  | 0.23  | 1.24  | <0.10 |
| 13 | SJ13-1 | 0.58  | <0.10 | 0.65  | 0.45  | 0.96  | <0.10 |
| 14 | SJ14-1 | 0.23  | <0.10 | 0.29  | 0.15  | 0.65  | <0.10 |
| 15 | SJ15-1 | 2.00  | 2.21  | 3.18  | 1.50  | 1.00  | 3.01  |
| 16 | SJ15-2 | 2.01  | 2.05  | 3.28  | 1.50  | 1.06  | 2.80  |
| 17 | SJ16-2 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | 6.48  | <0.10 | <0.10 |
| 18 | SJ19-2 | 0.23  | <0.10 | <0.10 | 0.22  | <0.10 | <0.10 |

首钢煤料堆场场区内，土壤样品中超过筛选值的 SVOCs 的检测结果统计数据如表 4.2-8 所示。

表 4.2-8 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的污染物统计情况

| 污染物           | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上限值 (mg/kg) | 北京市筛选值 (mg/kg) |
|---------------|--------|--------------|--------------|--------------------|----------------|
| 苯并(a)芘        | 14     | 2.01         | <0.1         | 0.3022             | 0.2            |
| 苯并(a)蒽        | 5      | 8.26         | <0.1         | 0.5137             | 0.5            |
| 苯并(b)荧蒽       | 9      | 13.8         | <0.1         | 0.8617             | 0.5            |
| 苯并(k)荧蒽       | 1      | 6.48         | <0.1         | 0.5967             | 5              |
| 菲             | 1      | 11           | <0.1         | 0.7218             | 5              |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 8      | 9.67         | <0.1         | 0.5988             | 0.2            |

#### 4.2.2.2 首钢电机厂

首钢电机厂场区内，共有 35 个土壤样品进行了 SVOCs 的检测，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 15 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，结果如表 4.2-9 所示，超过筛选值的 SVOCs 主要是苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒹、苯并(k)荧蒹、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘。其中检测浓度超过苯并(k)荧蒹的筛选值的土壤样品只有 JD16-1。

表 4.2-9 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物/样品编号             | 苯并(a)芘 | 苯并(a)蒽 | 苯并(b)荧蒹 | 苯并(k)荧蒹 | 二苯并(a,h)蒽 | 茚并(1,2,3-cd)芘 |
|----|----------------------|--------|--------|---------|---------|-----------|---------------|
|    | 筛选值（DB11/T 811-2011） | 0.2    | 0.5    | 0.5     | 5       | 5         | 0.2           |
| 1  | JD5-1                | 0.29   | <0.10  | <0.10   | <0.10   | <0.05     | 0.23          |
| 2  | JD7-1                | 0.44   | 0.27   | <0.10   | 0.15    | <0.05     | 0.54          |
| 3  | JD7-2                | 1.29   | <0.10  | 0.24    | 1.09    | <0.05     | <0.10         |
| 4  | JD9-1                | 0.37   | 0.20   | <0.10   | 0.15    | 0.41      | 0.48          |
| 5  | JD10-1               | 0.85   | 1.04   | <0.10   | 0.47    | 0.56      | 0.69          |
| 6  | JD11-1               | 0.23   | 0.16   | <0.10   | <0.10   | <0.05     | 0.36          |
| 7  | JD11-2               | 0.79   | <0.10  | <0.10   | 0.48    | <0.05     | <0.10         |
| 8  | JD15-1               | 0.43   | <0.10  | <0.10   | 0.15    | <0.05     | 0.41          |
| 9  | JD15-3               | 1.35   | 1.67   | 1.90    | 0.76    | 0.29      | 1.18          |
| 10 | JD16-1               | 3.37   | 4.77   | 4.66    | 6.27    | 0.95      | 4.15          |
| 11 | JD16-3               | 0.29   | 0.38   | 0.39    | 0.22    | 0.07      | 0.28          |
| 12 | JD18-1               | 0.35   | 0.36   | 0.54    | 0.26    | 0.09      | 0.39          |
| 13 | JD19-1               | 0.29   | 0.30   | 0.44    | 0.24    | 0.07      | 0.29          |
| 14 | JD19-2               | 0.69   | 0.93   | 1.35    | 0.61    | 0.25      | 0.68          |
| 15 | RL2                  | 0.71   | 1.16   | <0.10   | 2.05    | 0.06      | <0.10         |

首钢电机厂场区内，土壤样品中超过筛选值的 SVOCs 的检测结果统计数据如表 4.2-10 所示。

表 4.2-10 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的统计情况

| 污染物           | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上限值 (mg/kg) | 北京市筛选值 (mg/kg) |
|---------------|--------|--------------|--------------|--------------------|----------------|
| 苯并(a)芘        | 15     | 3.37         | <0.1         | 0.5932             | 0.2            |
| 苯并(a)蒽        | 5      | 4.77         | <0.1         | 0.6567             | 0.5            |
| 苯并(b)荧蒽       | 4      | 4.66         | <0.1         | 0.6181             | 0.5            |
| 苯并(k)荧蒽       | 1      | 6.27         | <0.1         | 0.8556             | 5              |
| 二苯并(a,h)蒽     | 9      | 0.95         | <0.05        | 0.1627             | 0.05           |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 12     | 4.15         | <0.1         | 0.5793             | 0.2            |

#### 4.2.2.3 首钢建设总公司古城基地

首钢建设总公司古城基地场区内，检测结果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 11 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，结果如表 4.2-11 所示，超过筛选值的 SVOCs 是苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)花。其中检测浓度超过苯并(k)荧蒽的筛选值的土壤样品只有 SGJ4-2，检测浓度超过苯并(g,h,i)花的筛选值的土壤样品只有 SGJ4-2。

表 4.2-11 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物/样品编号              | 苯并(a)蒽 | 苯并(b)荧蒽 | 苯并(k)荧蒽 | 苯并(a)芘 | 茚并(1,2,3-cd)芘 | 二苯并(a,h)蒽 | 苯并(g,h,i)花 |
|----|-----------------------|--------|---------|---------|--------|---------------|-----------|------------|
|    | 筛选值 (DB11/T 811-2011) | 0.5    | 0.5     | 5       | 0.2    | 0.2           | 0.05      | 5          |
| 1  | SGJ1-0                | 0.20   | 0.35    | 0.16    | 0.24   | 0.18          | <0.05     | 0.14       |
| 2  | SGJ2-3                | 0.31   | 0.63    | 0.21    | 0.31   | 0.27          | <0.05     | 0.23       |
| 3  | SGJ3-2                | 0.52   | 0.92    | 0.32    | 0.48   | 0.41          | <0.05     | 0.33       |
| 4  | SGJ3-3                | 1.16   | 2.00    | 0.63    | 0.98   | 0.86          | <0.05     | 0.65       |

|    |        |      |      |      |      |      |       |      |
|----|--------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 5  | SGJ4-1 | 0.22 | 0.56 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.07  | 0.15 |
| 6  | SGJ4-2 | 6.28 | 24.3 | 5.18 | 9.02 | 6.93 | 0.55  | 8.24 |
| 7  | SGJ4-3 | 6.03 | 13.0 | 2.84 | 5.48 | 5.44 | 0.35  | 4.45 |
| 8  | SGJ6-2 | 0.24 | 0.51 | 0.15 | 0.20 | 0.21 | <0.05 | 0.16 |
| 9  | SGJ7-1 | 0.39 | 0.84 | 0.25 | 0.31 | 0.32 | 0.08  | 0.23 |
| 10 | SGJ7-3 | 0.23 | 0.83 | 0.24 | 0.40 | 0.38 | 0.08  | 0.23 |
| 11 | SGJ8-1 | 0.14 | 0.53 | 0.16 | 0.23 | 0.21 | <0.05 | 0.15 |

首钢建设总公司古城基地场区内，土壤样品中超过筛选值的 SVOCs 的检测结果统计数据如表 4.2-12 所示。

表 4.2-12 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的统计情况

| 污染物           | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上限值 (mg/kg) | 北京市筛选值 (mg/kg) |
|---------------|--------|--------------|--------------|--------------------|----------------|
| 苯并(a)蒽        | 4      | 6.28         | <0.1         | 1.2212             | 0.5            |
| 苯并(b)荧蒽       | 10     | 24.3         | <0.1         | 3.6175             | 0.5            |
| 苯并(k)荧蒽       | 1      | 5.18         | <0.1         | 0.8221             | 5              |
| 苯并(a)芘        | 10     | 9.02         | <0.1         | 1.4223             | 0.2            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 9      | 6.93         | <0.1         | 1.2130             | 0.2            |
| 二苯并(a,h)蒽     | 5      | 0.55         | <0.05        | 0.1061             | 0.05           |
| 苯并(g,h,i)花    | 1      | 8.24         | <0.1         | 1.2339             | 5              |

#### 4.2.2.4 北京第一低压电器有限责任公司

北京第一低压电器有限责任公司场区内，共有 46 个土壤样品进行了 SVOCs 的检测，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 19 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，结果如表 4.2-13 所示，超过筛选值的 SVOCs 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。

表 4.2-13 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物/样品编号             | 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 |
|----|----------------------|--------|---------|--------|---------------|-----------|
|    | 筛选值（DB11/T 811-2011） | 0.5    | 0.5     | 0.2    | 0.2           | 0.05      |
| 1  | DYS1-2               | 0.59   | 0.96    | 0.3    | 0.33          | <0.05     |
| 2  | DYS1-3               | <0.10  | 0.53    | 0.32   | 0.33          | <0.05     |
| 3  | DYS2-1               | 1.54   | 2.11    | 0.75   | 0.74          | 0.07      |
| 4  | DYS4-1               | 3.75   | 6.91    | 2.29   | 2.34          | 0.46      |
| 5  | DYS5-1               | 0.69   | 1.04    | 0.42   | 0.42          | 0.07      |
| 6  | DYS5-2               | 0.27   | 0.55    | 0.22   | 0.21          | 0.07      |
| 7  | DYS7-2               | 0.36   | 0.58    | 0.31   | 0.44          | <0.05     |
| 8  | DYS8-2               | 1.04   | 1.67    | 0.98   | 0.97          | <0.05     |
| 9  | DYS8-3               | 1.46   | 2.75    | 1.56   | 1.63          | <0.05     |
| 10 | DYS8-4               | 0.84   | 1.52    | 0.89   | 0.95          | <0.05     |
| 11 | DYS9-1               | 0.32   | 0.46    | 0.24   | 0.26          | <0.05     |
| 12 | DYS9-2               | 0.25   | 0.34    | 0.2    | 0.24          | <0.05     |
| 13 | DYS10-1-1            | 0.52   | 0.88    | 0.54   | 0.51          | <0.05     |
| 14 | DYS10-1-2            | 0.36   | 0.66    | 0.34   | 0.38          | <0.05     |
| 15 | DYS10-2              | 0.37   | 0.67    | 0.34   | 0.39          | <0.05     |
| 16 | DYS10-3              | 0.22   | 0.3     | 0.21   | 0.23          | <0.05     |
| 17 | DYS11-1-1            | 2.39   | 3.44    | 1.82   | 1.66          | <0.05     |
| 18 | DYS11-1-2            | 0.37   | 0.54    | 0.3    | 0.35          | <0.05     |
| 19 | DYS11-2              | 0.26   | 0.5     | 0.24   | 0.28          | <0.05     |

北京第一低压电器有限责任公司场地内，土壤样品中超过筛选值的 SVOCs 的检测结果统计数据如表 4.2-14 所示。

表 4.2-14 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的统计情况

| 污染物               | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上<br>限值 (mg/kg) | 北京市筛选<br>值 (mg/kg) |
|-------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|--------------------|
| 苯并(a)蒽            | 9      | 3.75         | <0.1         | 0.5923                 | 0.5                |
| 苯并(b)荧蒽           | 15     | 6.91         | <0.1         | 0.9906                 | 0.5                |
| 苯并(a)芘            | 18     | 2.29         | <0.1         | 0.4480                 | 0.2                |
| 茚并(1,2,3-cd)<br>芘 | 19     | 2.34         | <0.1         | 0.4571                 | 0.2                |
| 二苯并(a,h)蒽         | 4      | 0.46         | <0.05        | 0.0566                 | 0.05               |

#### 4.2.2.5 首钢热力众达换热设备公司

首钢热力众达换热设备公司场区内，土壤样品检测结果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 13 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，结果如表 4.2-15 所示，超过筛选值的 SVOCs 是苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘。

表 4.2-15 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的检测结果（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物                  | 苯并(a)芘 | 苯并(a)蒽 | 苯并(b)荧蒽 | 茚并(1,2,3-cd)芘 |
|----|----------------------|--------|--------|---------|---------------|
|    | 筛选值（DB11/T 811-2011） | 0.2    | 0.5    | 0.5     | 0.2           |
| 1  | RL4-1                | 0.14   | <0.10  | 3.00    | <0.10         |
| 2  | RL4-2                | <0.10  | 0.89   | 1.02    | 1.11          |
| 3  | RL5-1                | 0.31   | 0.32   | 0.45    | 0.44          |
| 4  | RL6-1                | 0.68   | 0.95   | 1.46    | 1.38          |
| 5  | RL7-1                | 0.21   | 0.20   | 0.28    | 0.28          |
| 6  | RL8-1                | 0.31   | 0.31   | 0.47    | 0.44          |
| 7  | RL10-1               | 0.26   | <0.10  | 0.37    | <0.10         |
| 8  | RL12-1               | 0.47   | 0.44   | 0.59    | 0.59          |
| 9  | RL12-2               | 0.26   | 0.26   | 0.41    | 0.37          |

|    |        |      |       |      |       |
|----|--------|------|-------|------|-------|
| 10 | RL13-1 | 0.31 | <0.10 | 0.51 | <0.10 |
| 11 | RL14-1 | 0.28 | 0.26  | 0.27 | 0.49  |
| 12 | RL14-2 | 0.56 | 0.56  | 0.75 | 0.75  |
| 13 | RL15-1 | 0.49 | 0.54  | 0.80 | 0.69  |

首钢热力众达换热设备公司场地内，土壤样品中超过筛选值的 SVOCs 的检测统计结果数据如表 4.2-16 所示。

表 4.2-16 土壤样品中 SVOCs 超过筛选值的统计情况

| 污染物           | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上限值 (mg/kg) | 北京市筛选值 (mg/kg) |
|---------------|--------|--------------|--------------|--------------------|----------------|
| 苯并(a)芘        | 11     | 0.68         | <0.1         | 0.2103             | 0.2            |
| 苯并(a)蒽        | 4      | 0.95         | <0.1         | 0.2433             | 0.5            |
| 苯并(b)荧蒽       | 7      | 3.0          | <0.1         | 0.5149             | 0.5            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 10     | 1.38         | <0.1         | 0.3319             | 0.2            |

#### 4.2.2.6 明塑包装制品厂

明塑包装制品厂场区内，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 11 个土壤样品中的 SVOCs 浓度超过筛选值，结果如表 4.2-17 所示，超过筛选值的 SVOCs 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。

表 4.2-17 土壤样品中 SVOCs 超过选用标准值情况（单位：mg/kg）

| 序号 | 污染物/样品编号              | 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 |
|----|-----------------------|--------|---------|--------|---------------|-----------|
|    | 筛选值 (DB11/T 811-2011) | 0.5    | 0.5     | 0.2    | 0.2           | 0.05      |
| 1  | MS1-1                 | 0.48   | 0.77    | 0.48   | 0.57          | 0.13      |
| 2  | MS1-2                 | 0.38   | 0.68    | 0.43   | 0.44          | 0.09      |
| 3  | MS3-2                 | 1.86   | 3.65    | 2.84   | 1.87          | 0.70      |
| 4  | MS4-2                 | 0.80   | 1.61    | 1.19   | 1.31          | 0.32      |

|    |       |      |      |      |      |      |
|----|-------|------|------|------|------|------|
| 5  | MS4-3 | 0.80 | 1.34 | 0.91 | 0.89 | 0.20 |
| 6  | MS4-4 | 1.34 | 2.24 | 1.49 | 1.52 | 0.43 |
| 7  | MS5-1 | 1.29 | 3.16 | 2.19 | 1.60 | 0.42 |
| 8  | MS5-3 | 3.34 | 4.70 | 3.61 | 2.42 | 0.82 |
| 9  | MS5-4 | 0.29 | 0.53 | 0.31 | 0.29 | 0.08 |
| 10 | MS6-1 | 0.71 | 0.96 | 0.48 | 0.45 | 0.13 |
| 11 | MS6-2 | 0.54 | 1.00 | 0.59 | 0.51 | 0.13 |

明塑包装制品厂场区内，土壤样品中超过筛选值的 SVOCs 的检测结果统计数据如表 4.2-18 所示。

表 4.2-18 明塑包装制品厂土壤样品中 SVOCs 超过选用标准值的污染物统计情况

| 污染物           | 超标样品个数 | 最大浓度 (mg/kg) | 最小浓度 (mg/kg) | 95%置信水平上限值 (mg/kg) | 北京市筛选值 (mg/kg) |
|---------------|--------|--------------|--------------|--------------------|----------------|
| 苯并(a)蒽        | 8      | 3.34         | <0.1         | 1.0121             | 0.5            |
| 苯并(b)荧蒽       | 11     | 4.70         | <0.1         | 1.7191             | 0.5            |
| 苯并(a)芘        | 11     | 3.61         | <0.1         | 1.2432             | 0.2            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 11     | 2.42         | <0.1         | 0.9698             | 0.2            |
| 二苯并(a,h)蒽     | 11     | 0.82         | <0.05        | 0.2944             | 0.05           |

### 4.2.3 土壤中 VOC 类有机物污染

首钢煤料堆场土壤样品中的 VOCs 检测结果表明，只有一个土壤样品 SJ7-1 中苯的浓度高于北京市的筛选值（DB11/T 811-2011）中的住宅用地标准，该样品中苯的检测浓度为 1.39mg/kg，为该采样点的表层样品（采样深度在 0.3m 左右）。同时该采样点的下层土壤样品中苯未检出，并且该采样点所在公司院内的其他采样点的土壤样品浓度均小于报告检出值 0.1mg/kg，即未检出。污染物的来源可能与原厂区内工作过程中的偶然性操作有关，不具有连续性。但是为保障场地用地安全，后续将开展特征污染物苯的风险评估。

首钢电机厂和首钢建设总公司古城基地土壤样品中的 VOCs 检测结果为，仅

有二氯甲烷和萘有部分检出,但是均没有超过北京市的筛选值(DB11/T 811-2011)中的住宅用地标准,其他 VOCs 均低于检测限,即未检出。因此不再开展这两个场地内 VOCs 类特征污染物的风险评估工作。

## 4.2.4 污染物来源及成因分析

### 4.2.4.1 潜在污染来源分析

根据以上分析,可知该场地土壤中主要特征污染物为砷、多环芳烃类的苯并(a)芘和苯并(b)荧蒽三种挥发性相对较弱的物质。通过对表层土壤样品中的砷、苯并(a)芘和苯并(b)荧蒽三种典型污染物的浓度分布情况进行统计,如图 4.2-1 至 4.2-3 所示。

从砷的分布情况来看,该区域内表层土壤中的砷呈现一定的规律性,主要超标的 3 个厂区(首钢煤料堆场、首钢电机厂和首钢热力众达换热设备公司)分布在靠近西侧(距离首钢主厂区较近的一侧)的部分,距离首钢主厂区较近,直线距离为 1-2 公里。根据《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1-2010)中冶炼厂的卫生防护距离标准值,以及首钢主厂区的多年的生产历史对评价区域的长期影响,根据王堃等(2015)、Yuan(2013)和 Rachwal(2015)<sup>1</sup>等对钢铁厂大气和周边表层土壤中污染物分析结果,推测该区域表层土壤中的 PAHs(尤其是 4 环以上的大分子量的多环芳烃类占主要成分的特征,与燃煤、焦炭以及炼铁烟尘中的多环芳烃类的组成指纹特征密切相关<sup>2</sup>);砷可能的主要来源是原首钢主厂区长期生产过程中转炉工段和燃煤烟尘,通过长期气源沉降,对位于下风向的调查场区产生影响,同时也可能与首钢电机厂和首钢建设集团古城建设基地所在区域场地的燃气脱硫生产历史过程有关。

---

<sup>1</sup> [1] 王堃, 滑申冰, 田贺忠, 等. 2011 年中国钢铁行业典型有害重金属大气排放清单[J]. 中国环境科学, 2015,35(10): 2934-2938.

[2] Yuan GL, Sun TH, Han P, Li J. Environmental geochemical mapping and multivariate geostatistical analysis of heavy metals in topsoils of a closed steel smelter: Capital Iron & Steel Factory, Beijing, China [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2013, 130: 15-21.

[3] Rachwal M, Magiera T, Wawer M. Coke industry and steel metallurgy as the source of soil contamination by technogenic magnetic particles, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. Chemosphere, 2015, 138:863-873.

<sup>2</sup> [4]田靖, 朱媛媛, 杨洪彪, 等. 大型钢铁厂及其周边土壤多环芳烃污染现状调查、评价与源解析[J]. 环境化学, 2013, 32(6):1002-1008.

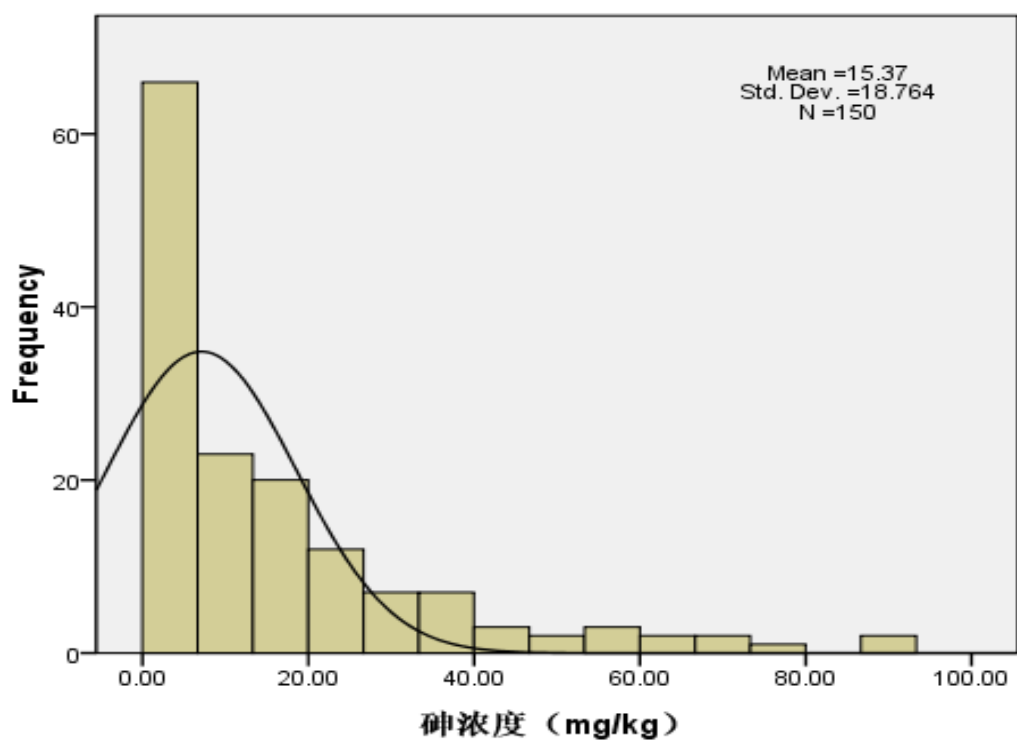


图 4.2-1 表层土壤中砷的频数分布直方图

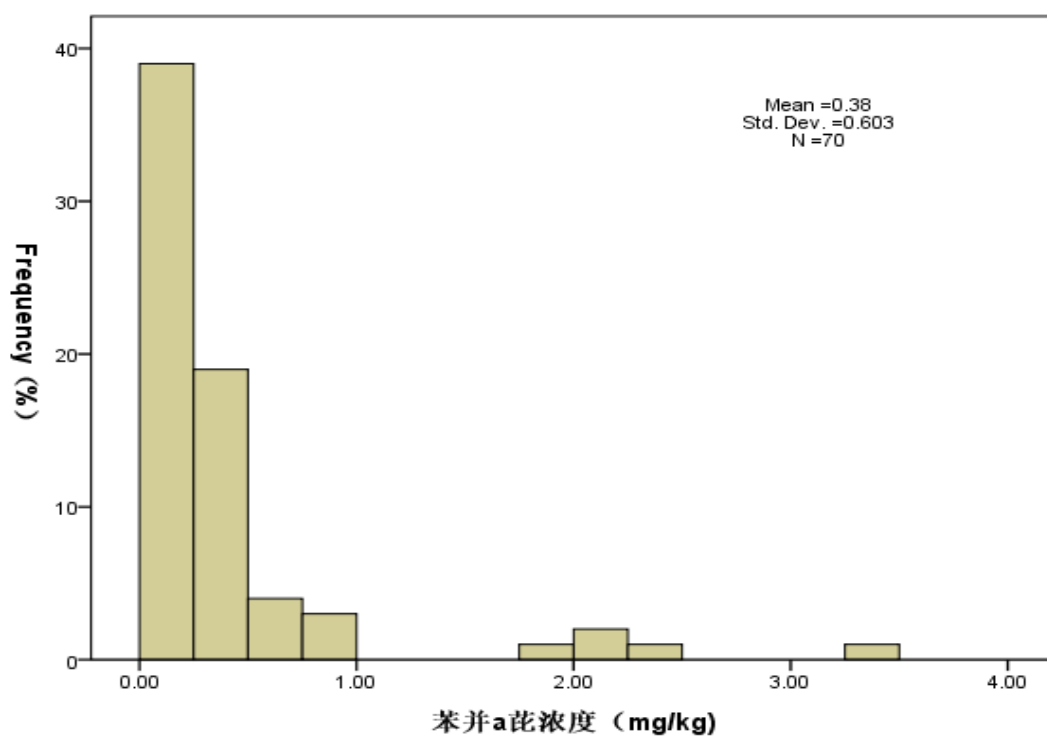


图 4.2-2 表层土壤中苯并(a)芘的频数分布直方图

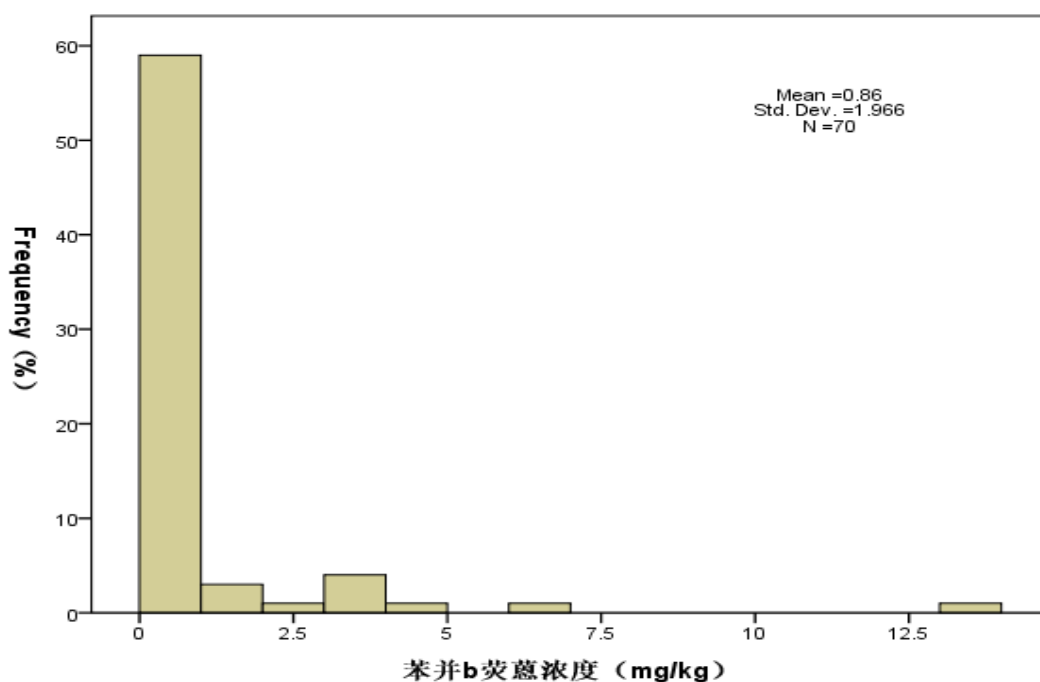


图 4.2-3 表层土壤中苯并(b)荧蒽的频数分布直方图

#### 4.2.4.2 污染物的空间分布情况

从图 4.2-4 中可以看出,砷元素的超标点位分布相对集中在首钢电机厂(JD)、首钢热力众达换热设备公司(RL)以及首钢煤料堆场(SJ)的部分区域,说明这些厂区内表层土壤中存在较为严重的污染。

从图 4.2-5 可以看出,各厂区表层土壤样品中均存在大量的苯并(a)芘超标点位,其中北京第一低压电器有限责任公司(DY)和首钢电机厂(JD)中超标点数量和最大超标倍数均相对较大,说明这 6 个厂区中大部分区域均出现较为严重的苯并(a)芘土壤污染。图 4.2-6 表明,苯并(b)荧蒽的超标点位分布情况与苯并(a)芘基本一致,在各厂区表层土壤均存在普遍超标的现象,其中北京第一低压电器有限责任公司(DY)的超标尤为严重。

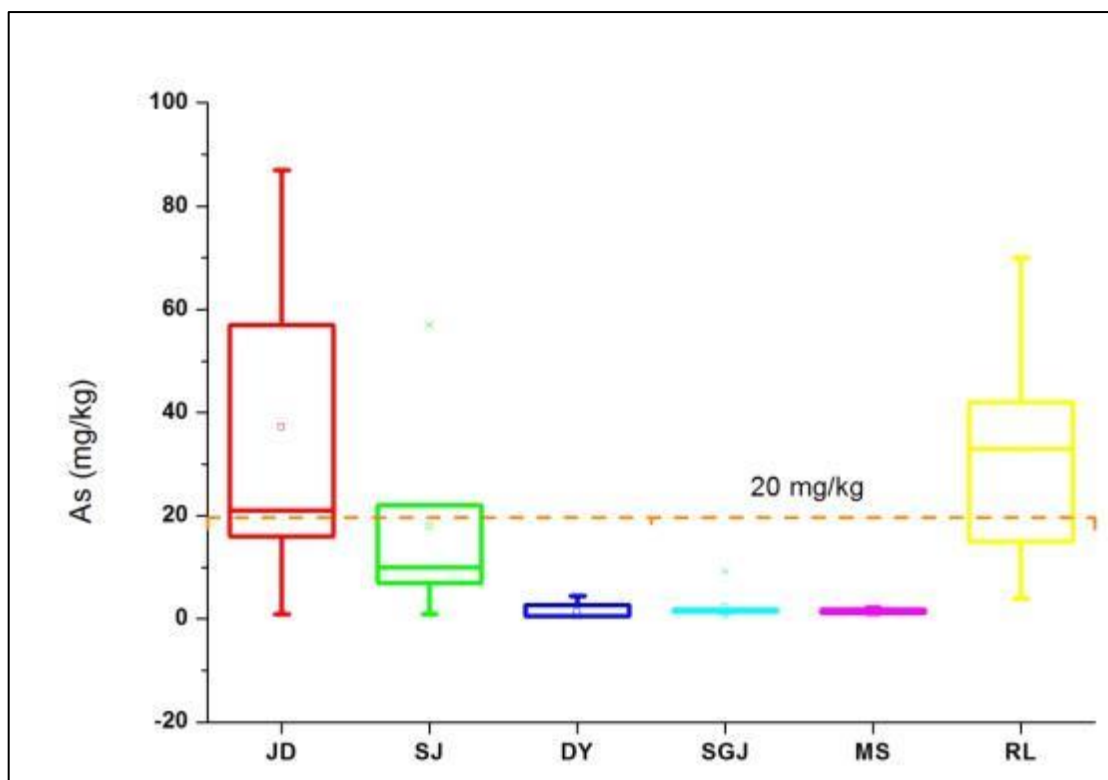


图 4.2-4 各厂区表层土壤中砷元素的检查浓度分布情况

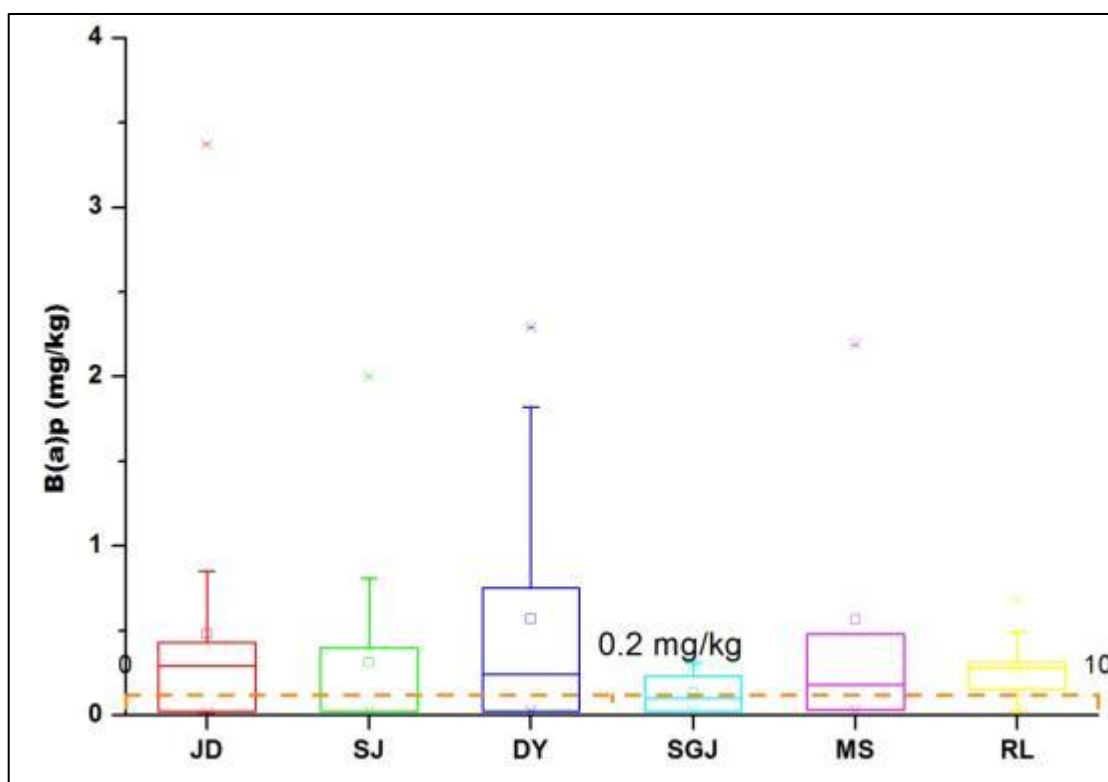


图 4.2-5 各厂区表层土壤中苯并(a)芘的检查浓度分布情况

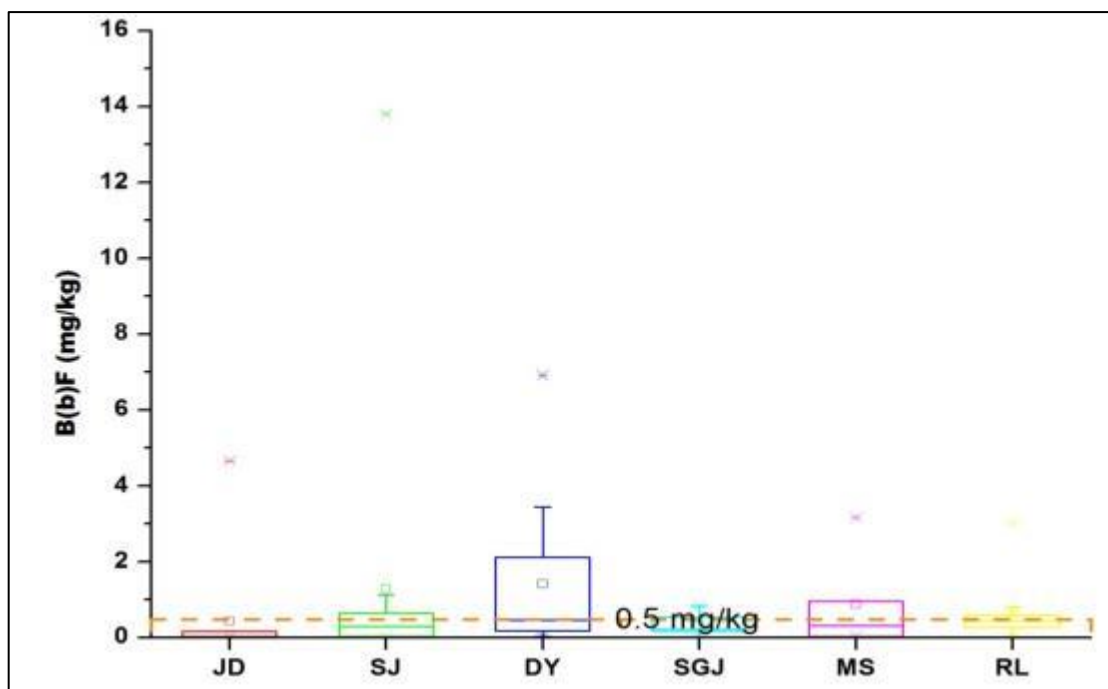


图 4.2-6 各厂区表层土壤中苯并（b）荧蒽的检查浓度分布情况

从现场这 6 个厂区的现状地形及高程分布情况来看，各厂区间存在较为异常的地形变化。其中原首钢煤料堆场区域，后期经过休整，地势相对较为平整，高程为 79.26~80.18 米左右；首钢电机厂厂区内地势较为平整，平均高程为 77.5 米（2012 年首钢规划设计院测量）；首钢建设古城基地内地势相对较低，平均高程为 76.7 米。这三个相邻厂区本应地形呈规则性降低的趋势，可能在后期建设过程中均进行过平整或挖填，造成表层土壤的扰动，因此出现了土壤中的砷、苯并（a）芘和苯并（b）荧蒽等挥发性较弱污染物的浓度出现了非连续性变化，造成了最终局部区域深层土壤污染，例如砷最大污染深度高达 6 米的区域，属于原首钢煤料堆场的深坑处，该点的采样过程表明，在该采样深度附近，土壤质地存在明显的差异，表明此处土壤属于扰动土，存在填埋痕迹。

#### 4.2.4.3 污染成分分析

从整体上来看，该场地靠近西侧的 3 个厂区内土壤中的污染情况相对较为复杂。根据污染识别结果和现场采样分析结果，初步构建的场地污染概念模型的为部分污染区域的土壤中砷、苯并（a）芘和苯并（b）荧蒽等主要来源为原场地西侧的原首钢主厂区多年生产造成的气源污染沉降，在后期场地内几个独立生产厂区开发建设过程中的施工扰动造成了目前表层土壤污染严重，污染物分布规律性较弱，尤其是部分区域个别点位砷的最大污染深度高达 6 米左右。六个厂区内重金属或多环芳烃超标样品点的分布如图 4.2-7 至 4.2-42 所示。



图 4.2-7 埋深 0-1m 范围内土壤样品中砷浓度分布示意图

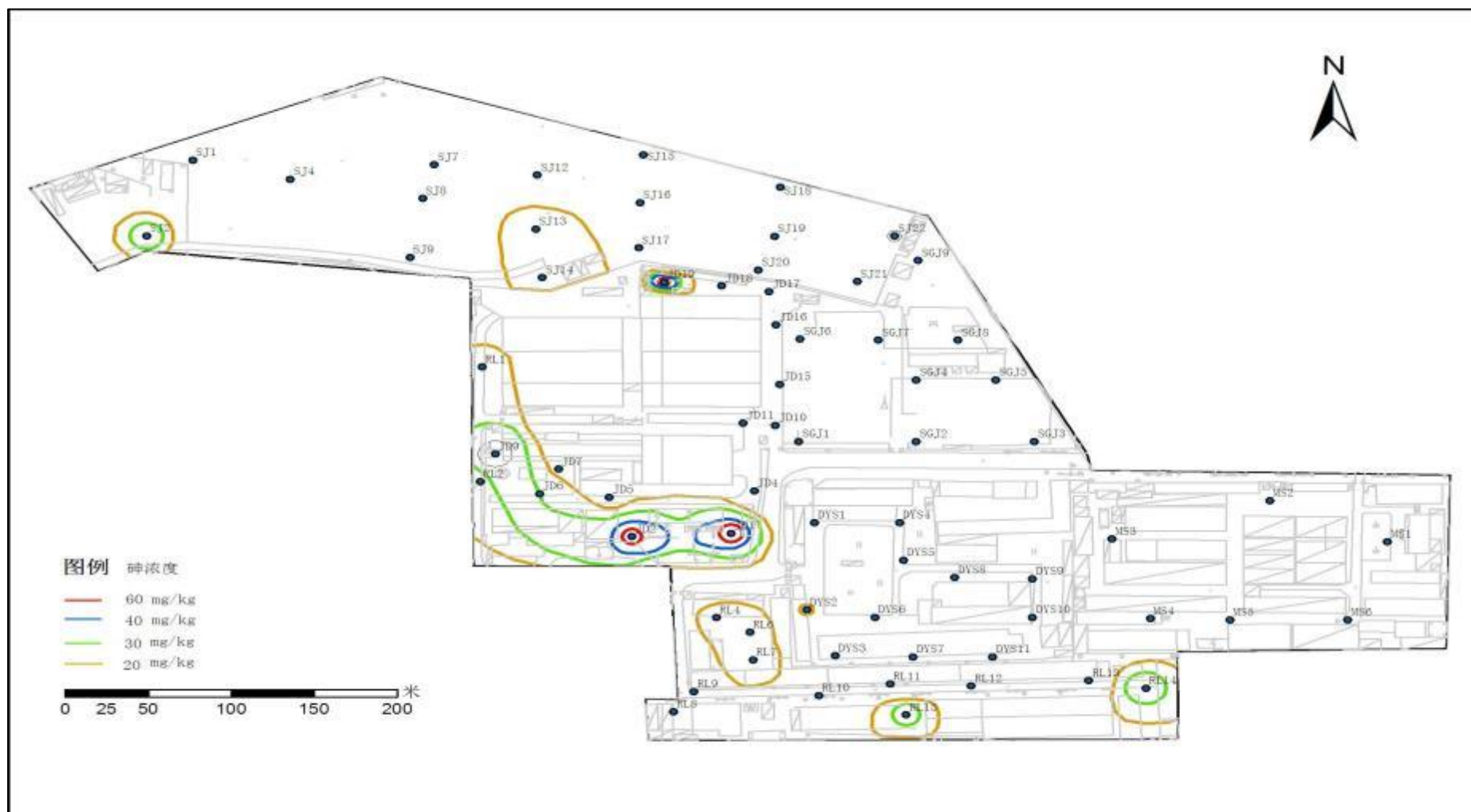


图 4.2-8 埋深 1-2m 范围内土壤样品中砷浓度分布示意图

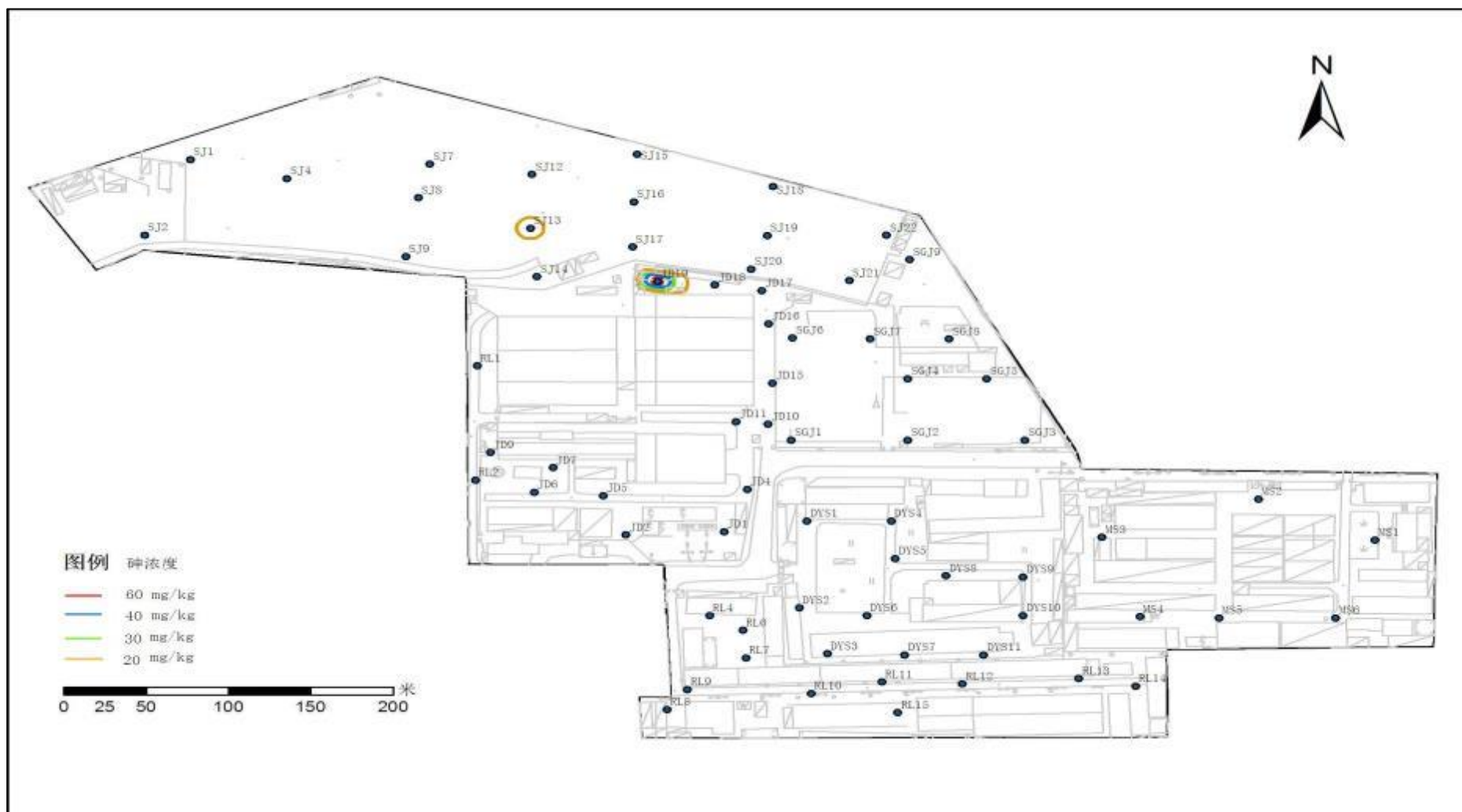
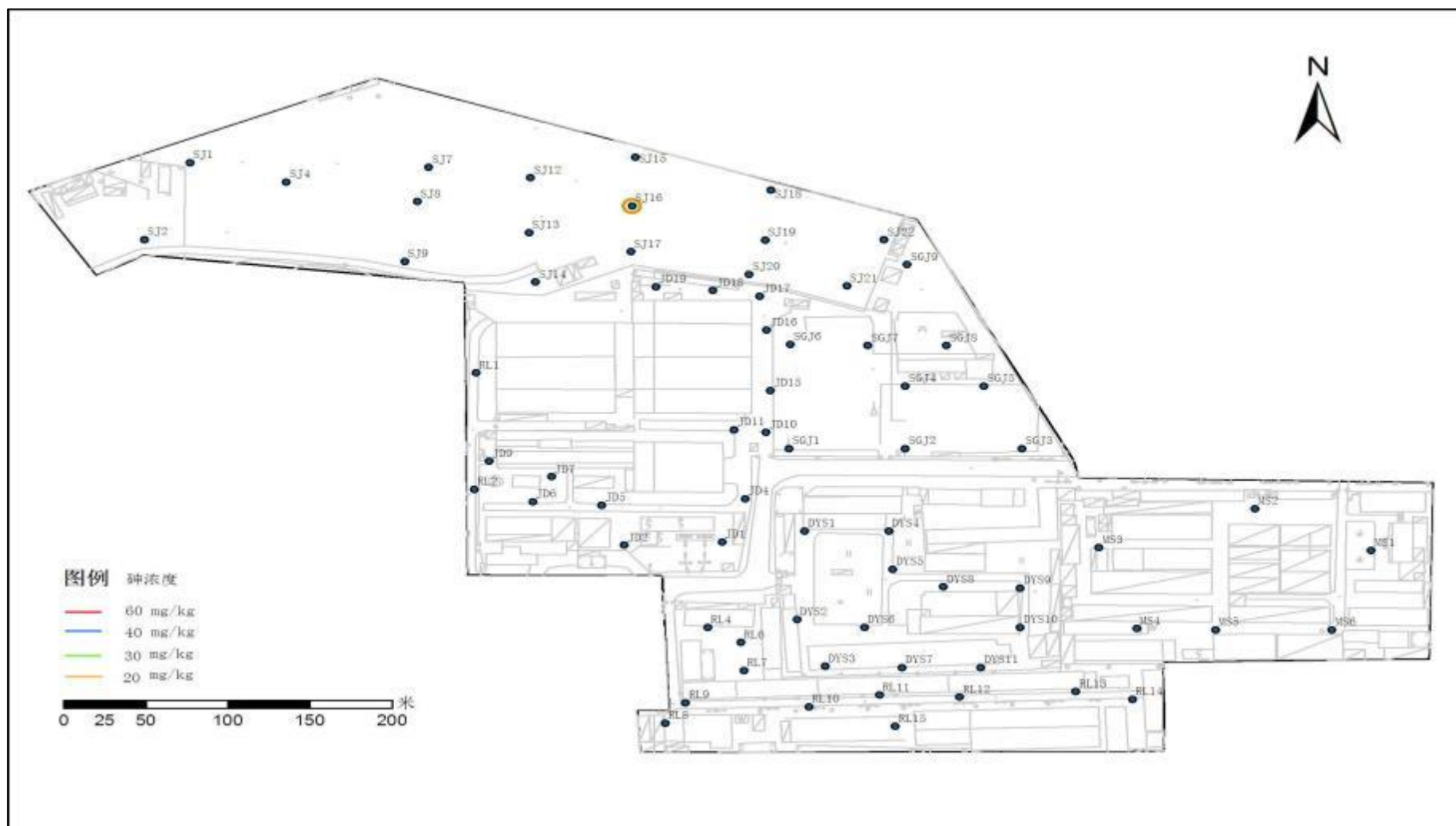


图 4.2-9 埋深 2-3m 范围内土壤样品中砷浓度分布示意图



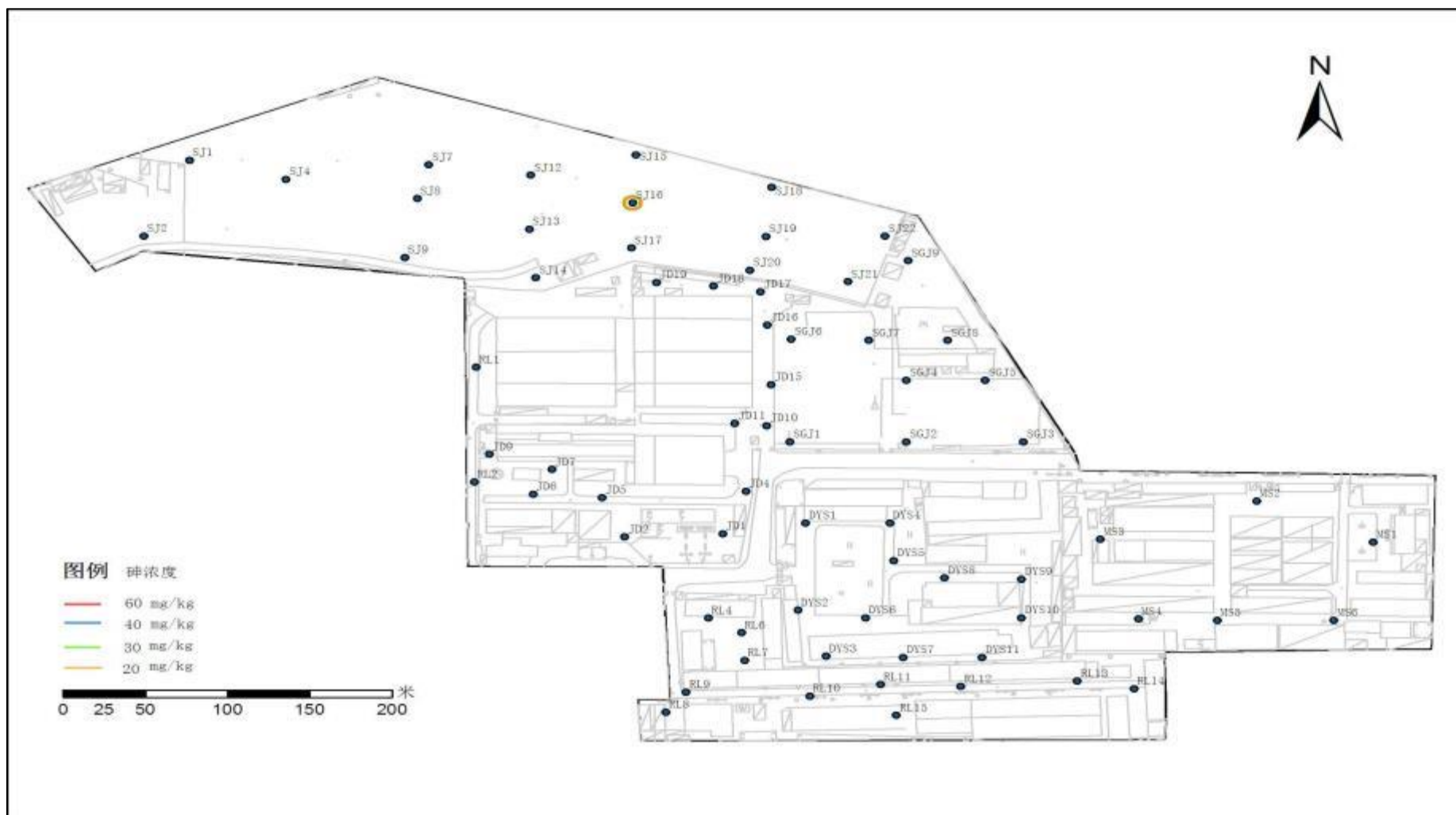


图 4.2-11 埋深 4-5m 范围内土壤样品中砷浓度分布示意图

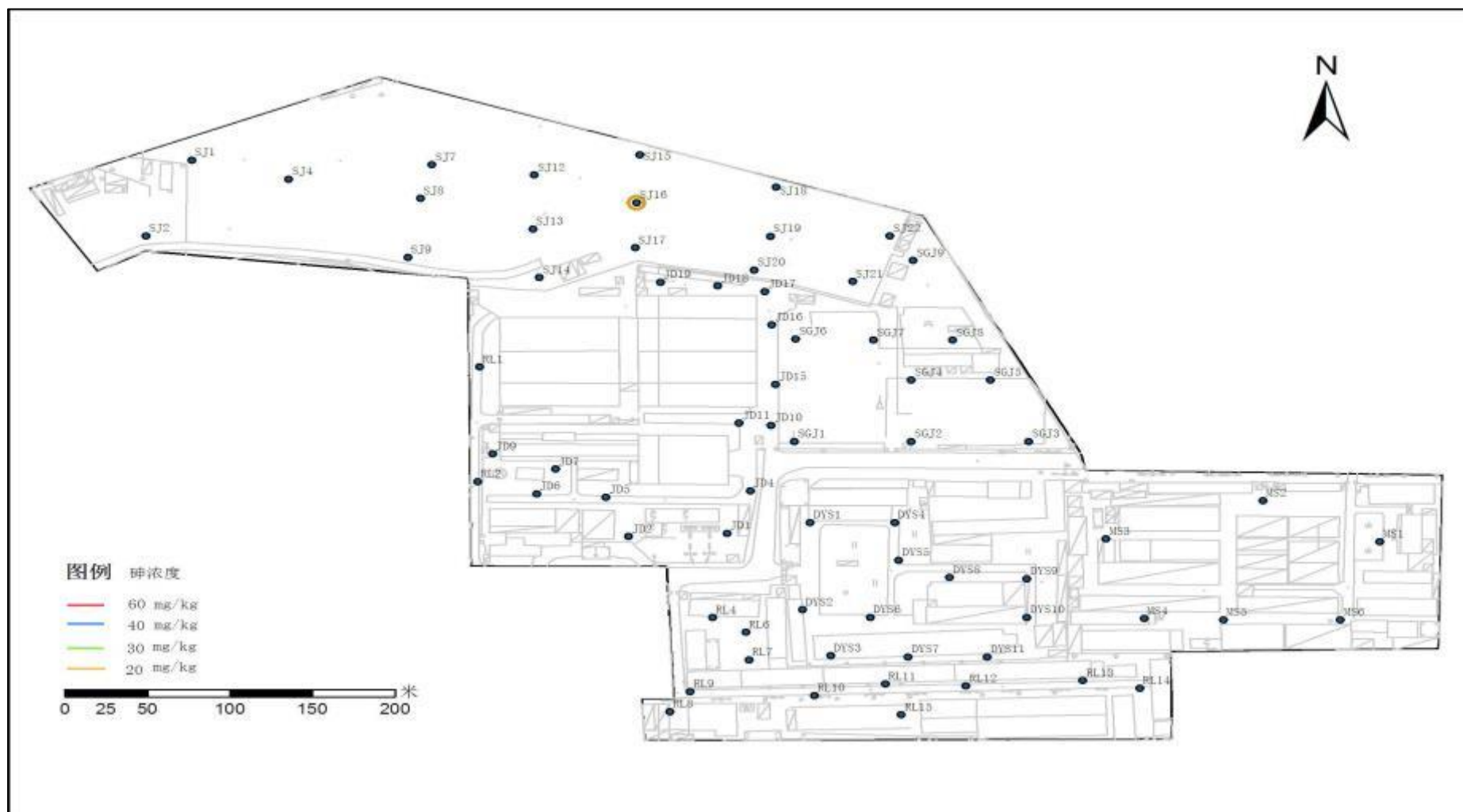
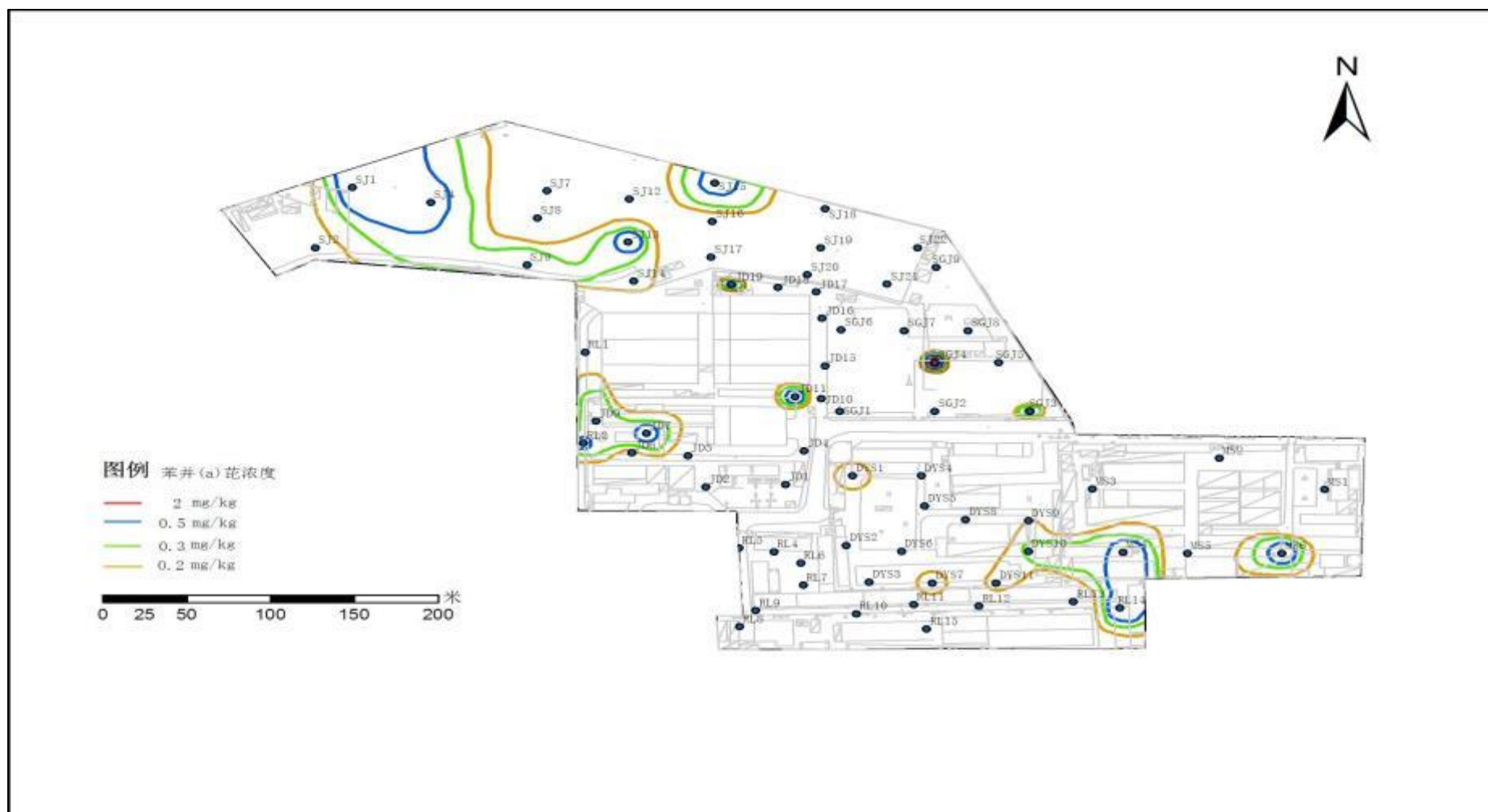


图 4.2-12 埋深 5-6m 范围内土壤样品中砷浓度分布示意图





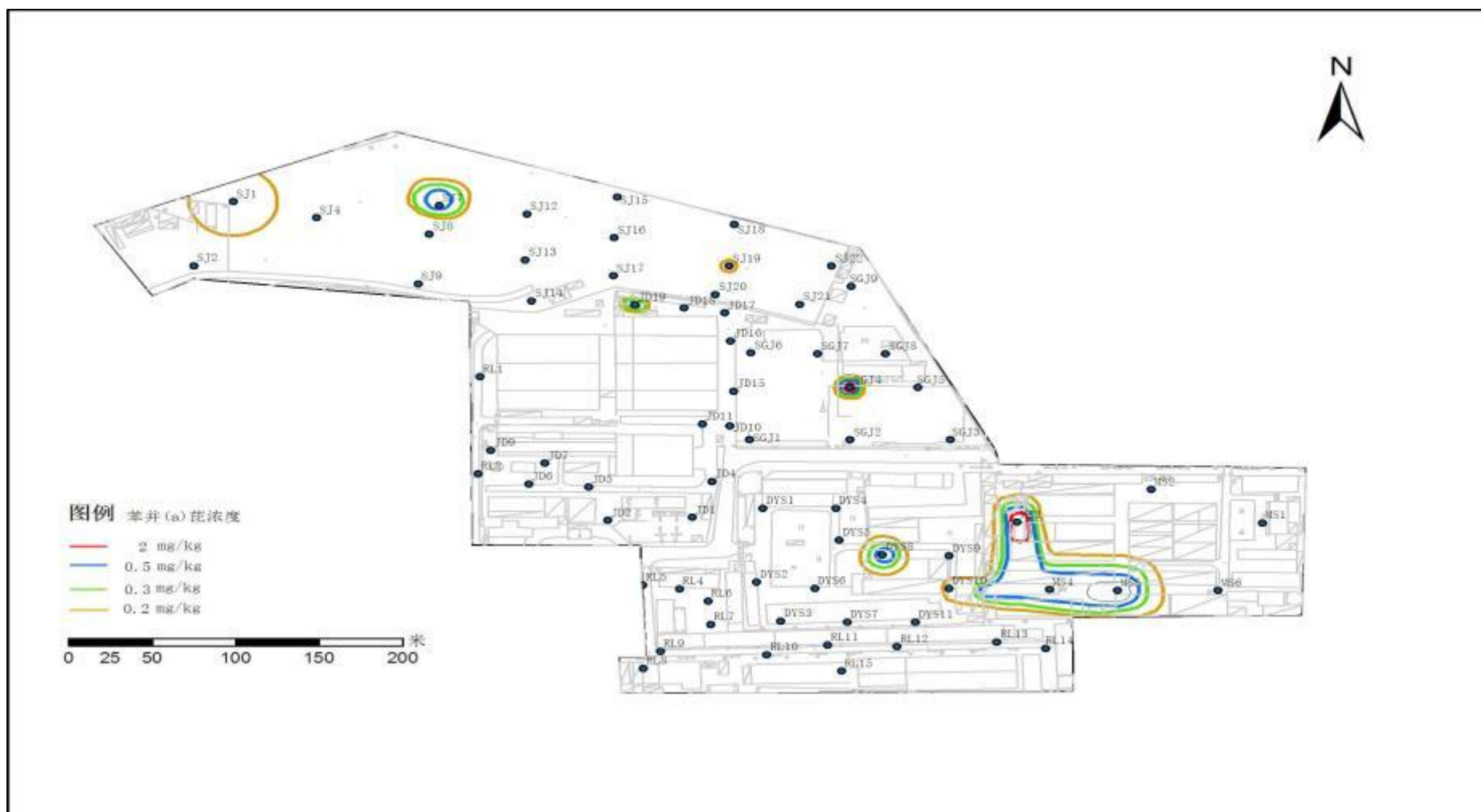


图 4.2-15 埋深 2-3m 范围内土壤样品中苯并(a)芘浓度分布示意图

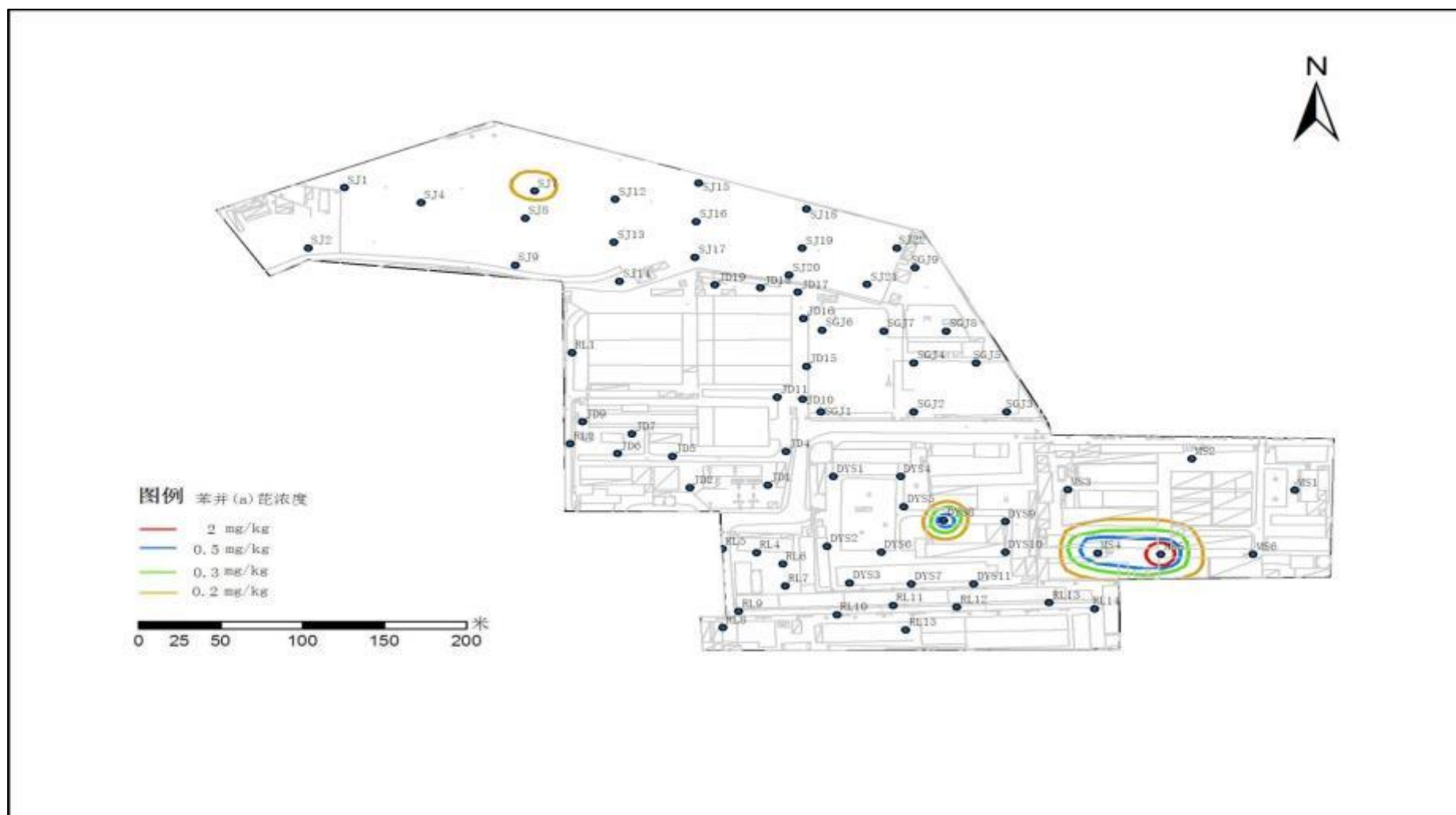


图 4.2-16 埋深 3-4m 范围内土壤样品中苯并(a)芘浓度分布示意图





图 4.2-18 埋深 5-6m 范围内土壤样品中苯并(a)芘浓度分布示意图



图 4.2-19 埋深 0-1m 范围内土壤样品中苯并(a)蒽浓度分布示意图

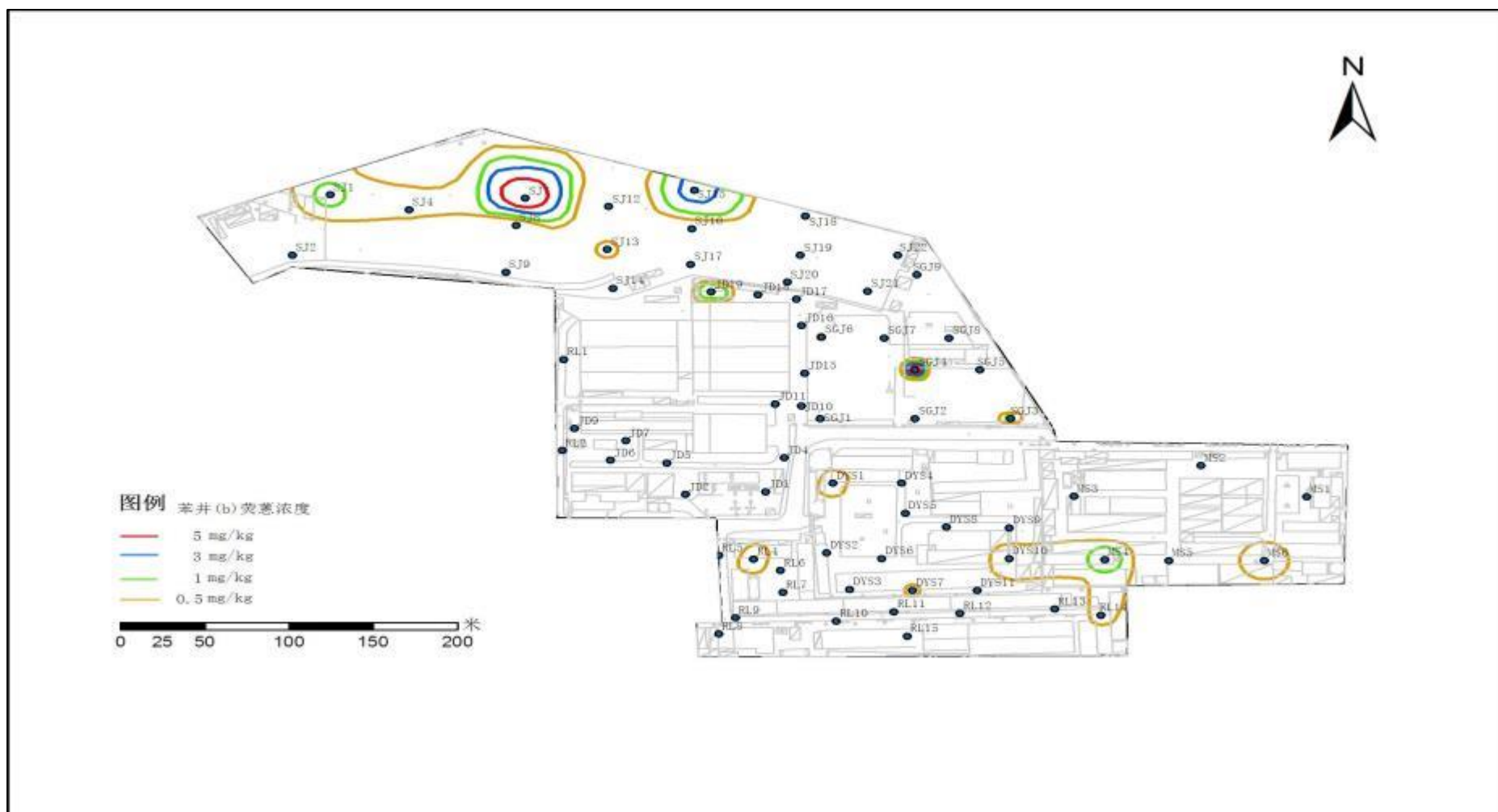
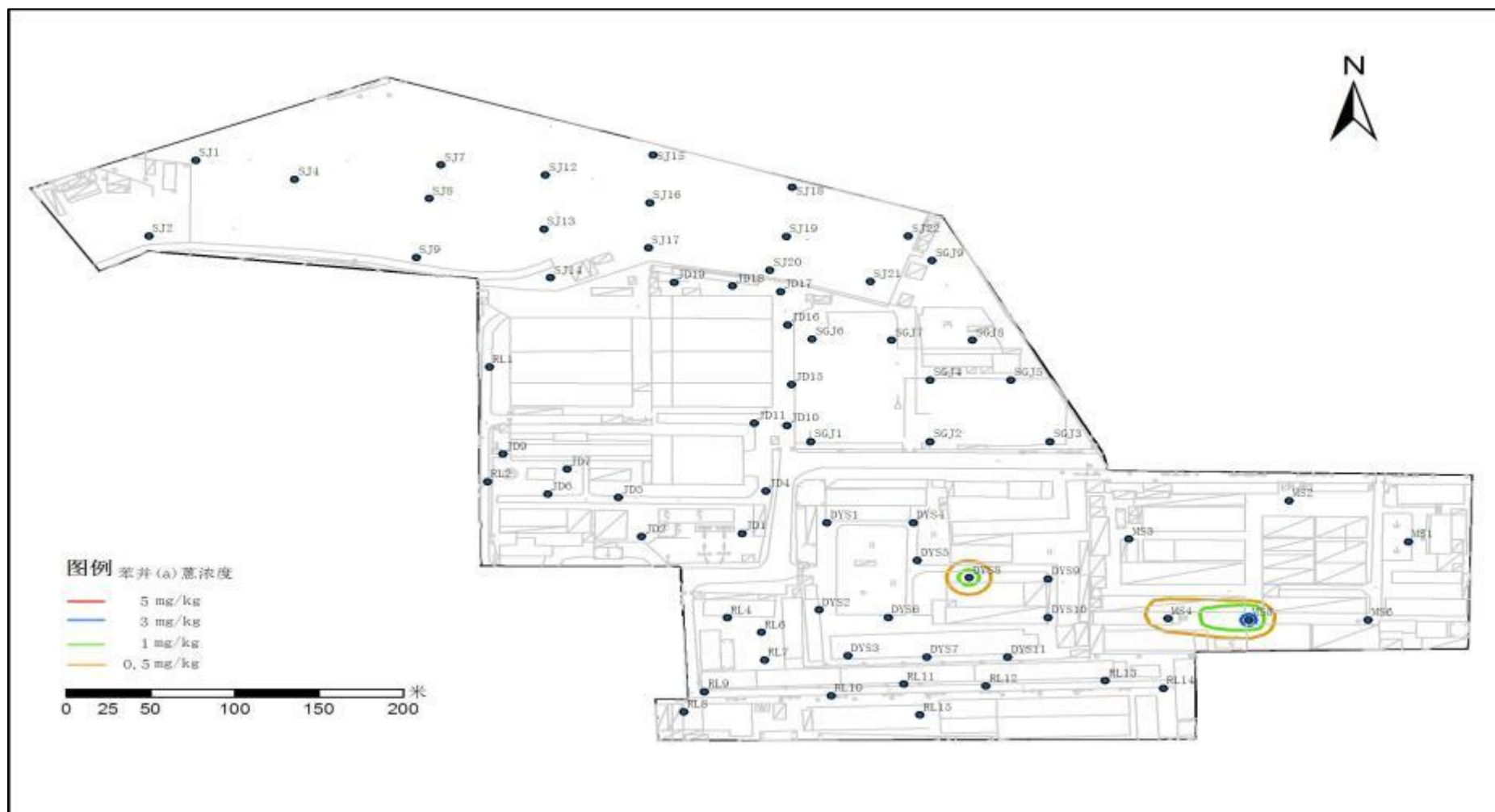


图 4.2-20 埋深 1-2m 范围内土壤样品中苯并(a)蒽浓度分布示意图



图 4.2-21 埋深 2-3m 范围内土壤样品中苯并(a)葱浓度分布示意图



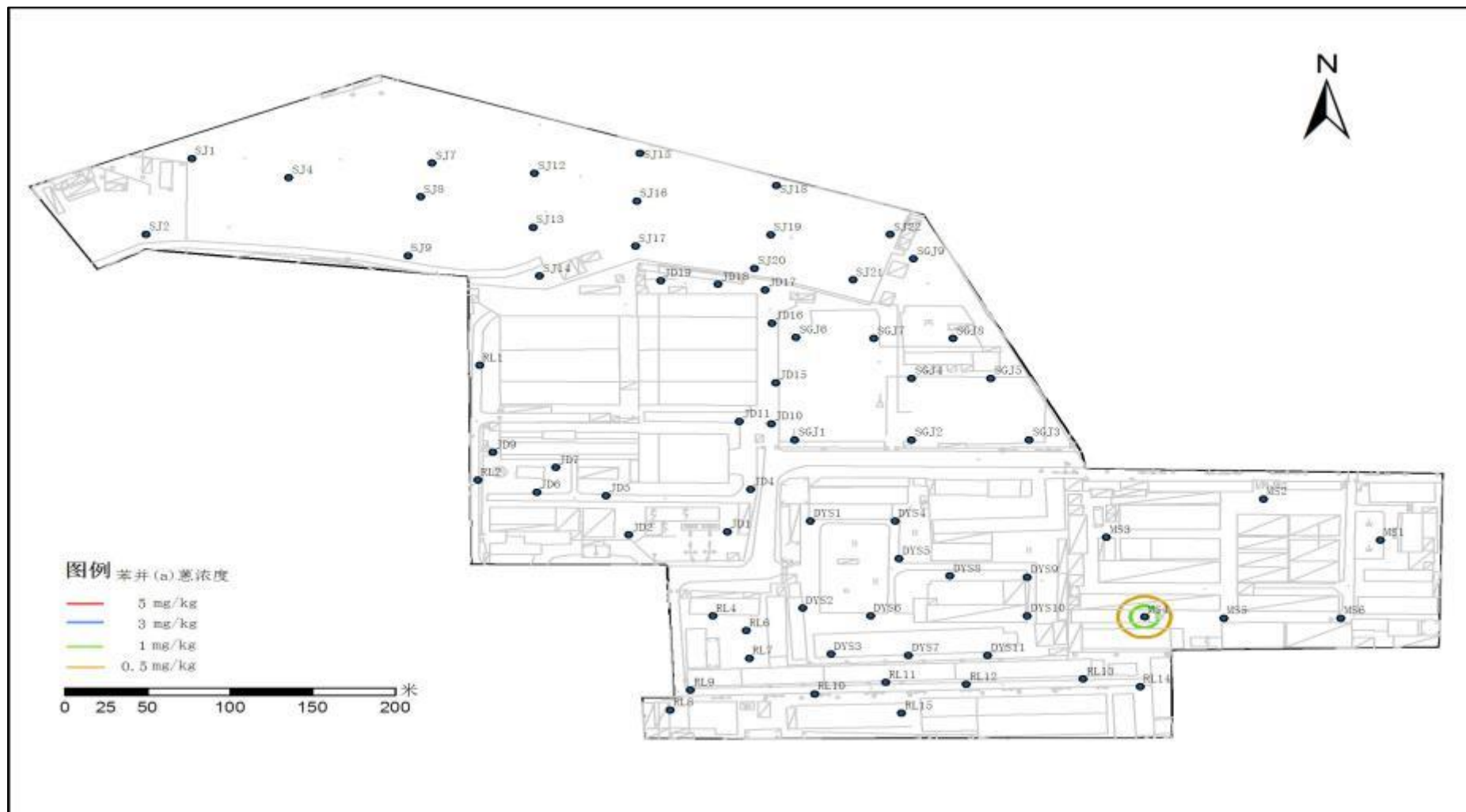


图 4.2-23 埋深 4-5m 范围内土壤样品中苯并(a)蒽浓度分布示意图

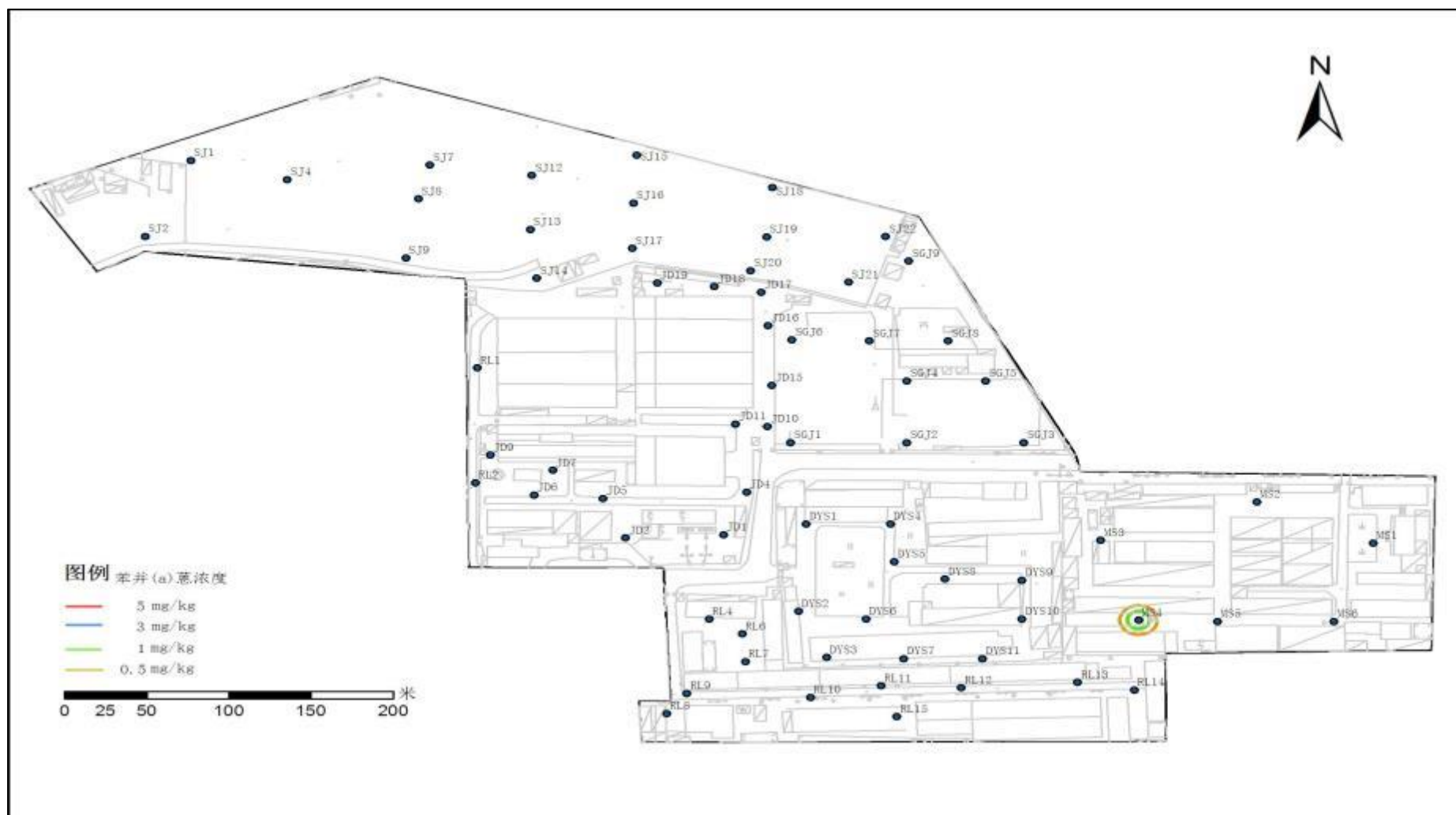


图 4.2-24 埋深 5-6m 范围内土壤样品中苯并(a)蒽浓度分布示意图



图 4.2-25 埋深 0-1m 范围内土壤样品中苯并(b)荧蒽浓度分布示意图

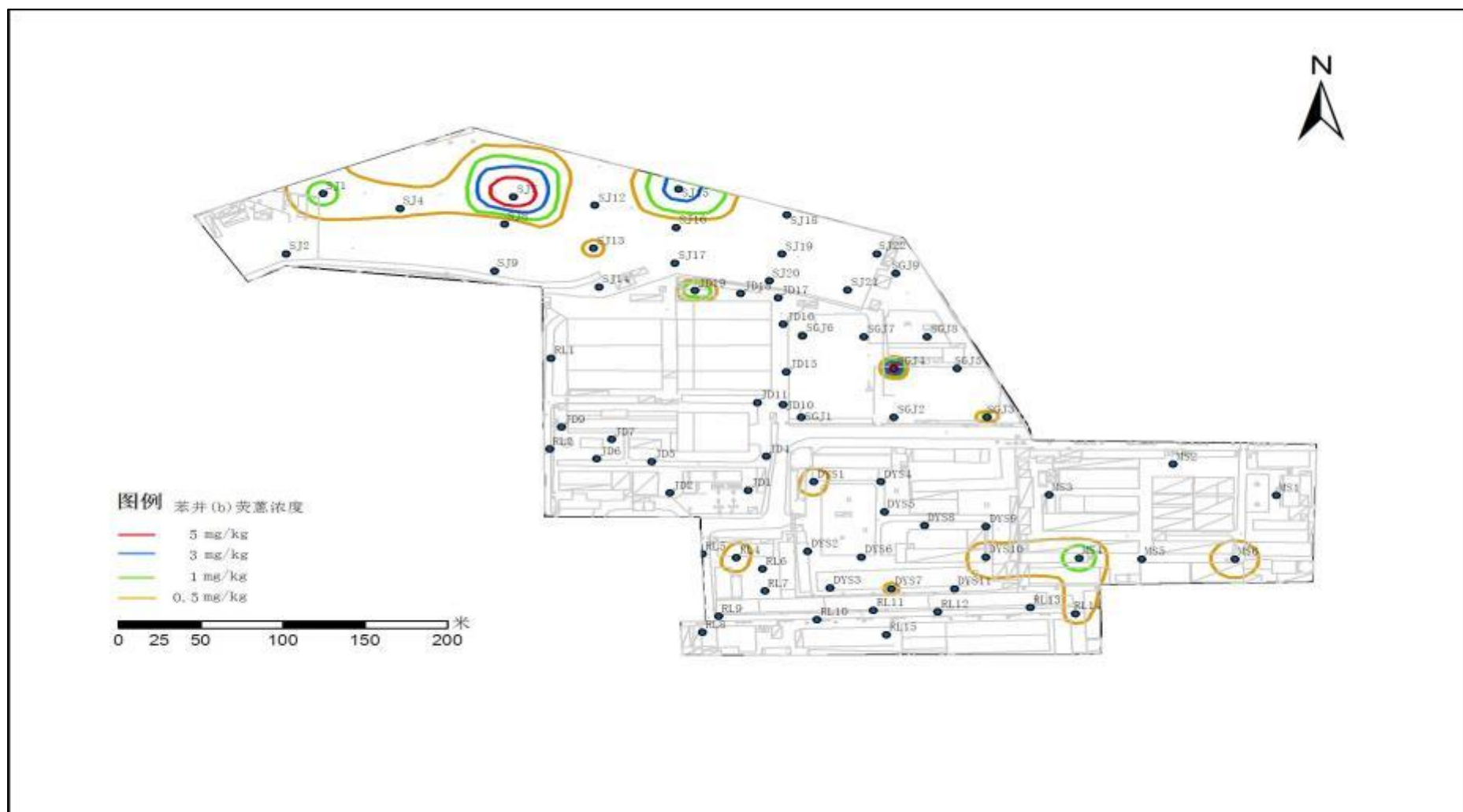


图 4.2-26 埋深 1-2m 范围内土壤样品中苯并(b)荧蒽浓度分布示意图



图 4.2-27 埋深 2-3m 范围内土壤样品中苯并(b)荧蒽浓度分布示意图



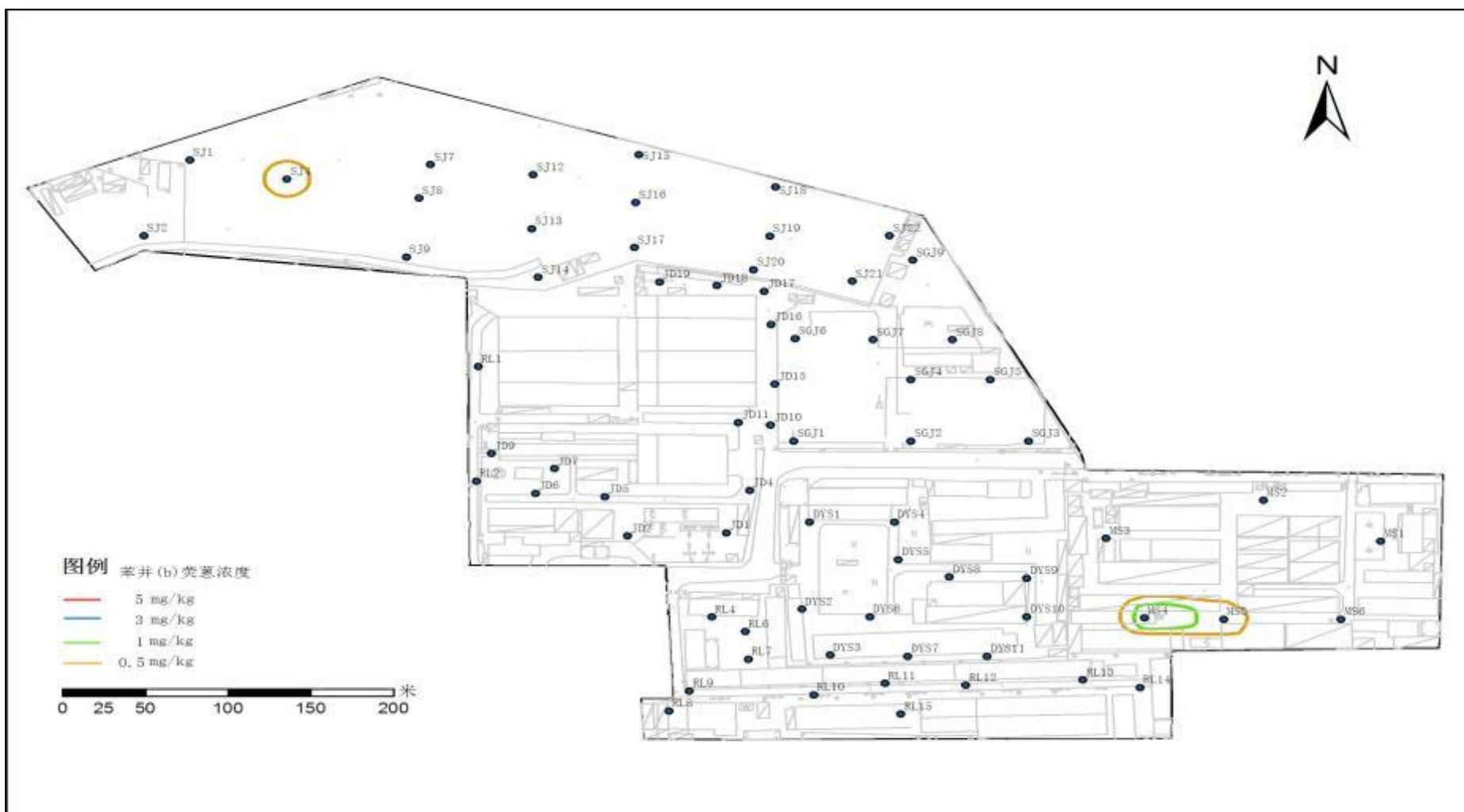


图 4.2-29 埋深 4-5m 范围内土壤样品中苯并(b)荧蒽浓度分布示意图

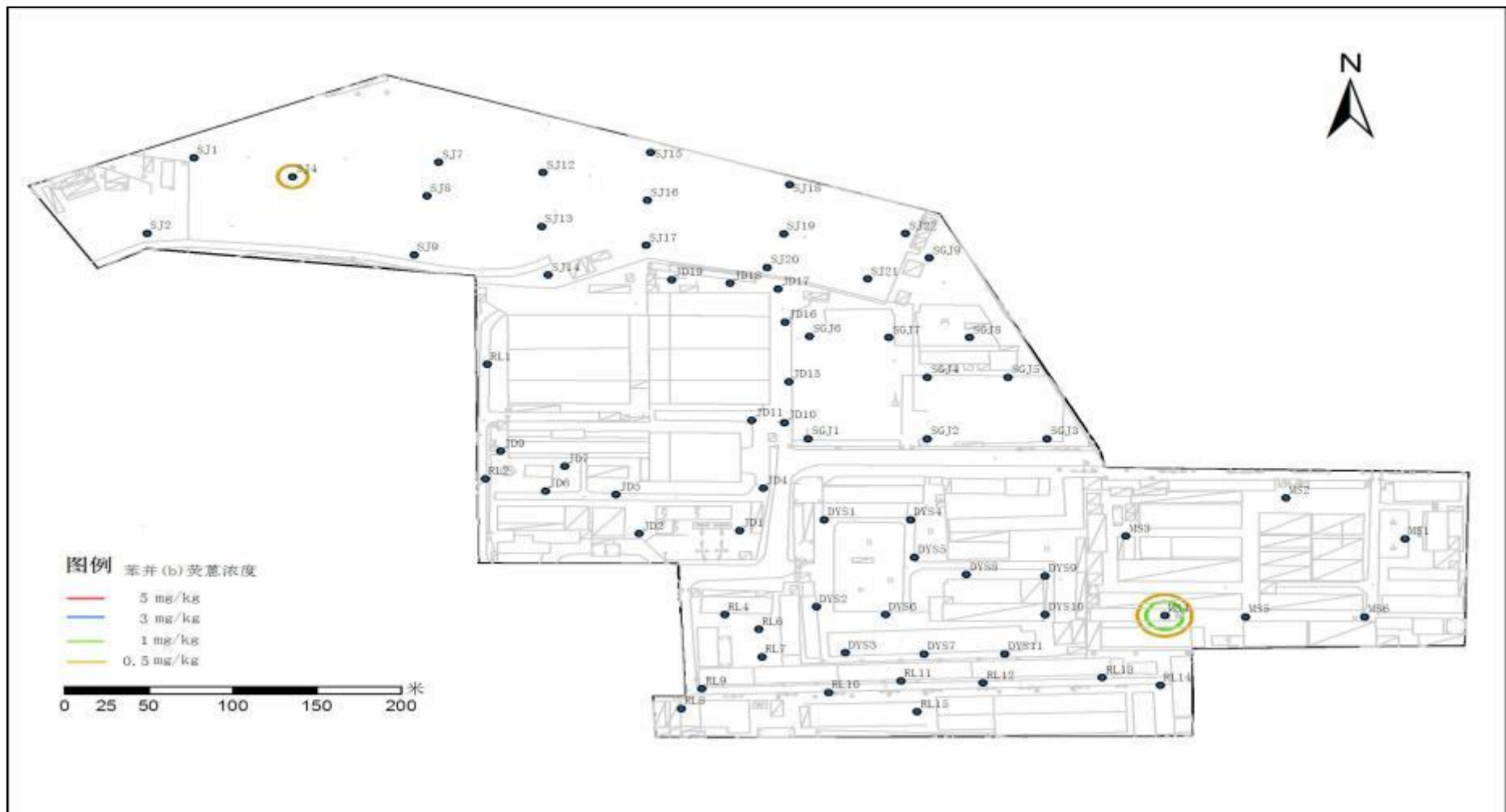


图 4.2-30 埋深 5-6m 范围内土壤样品中苯并(b)荧蒽浓度分布示意图

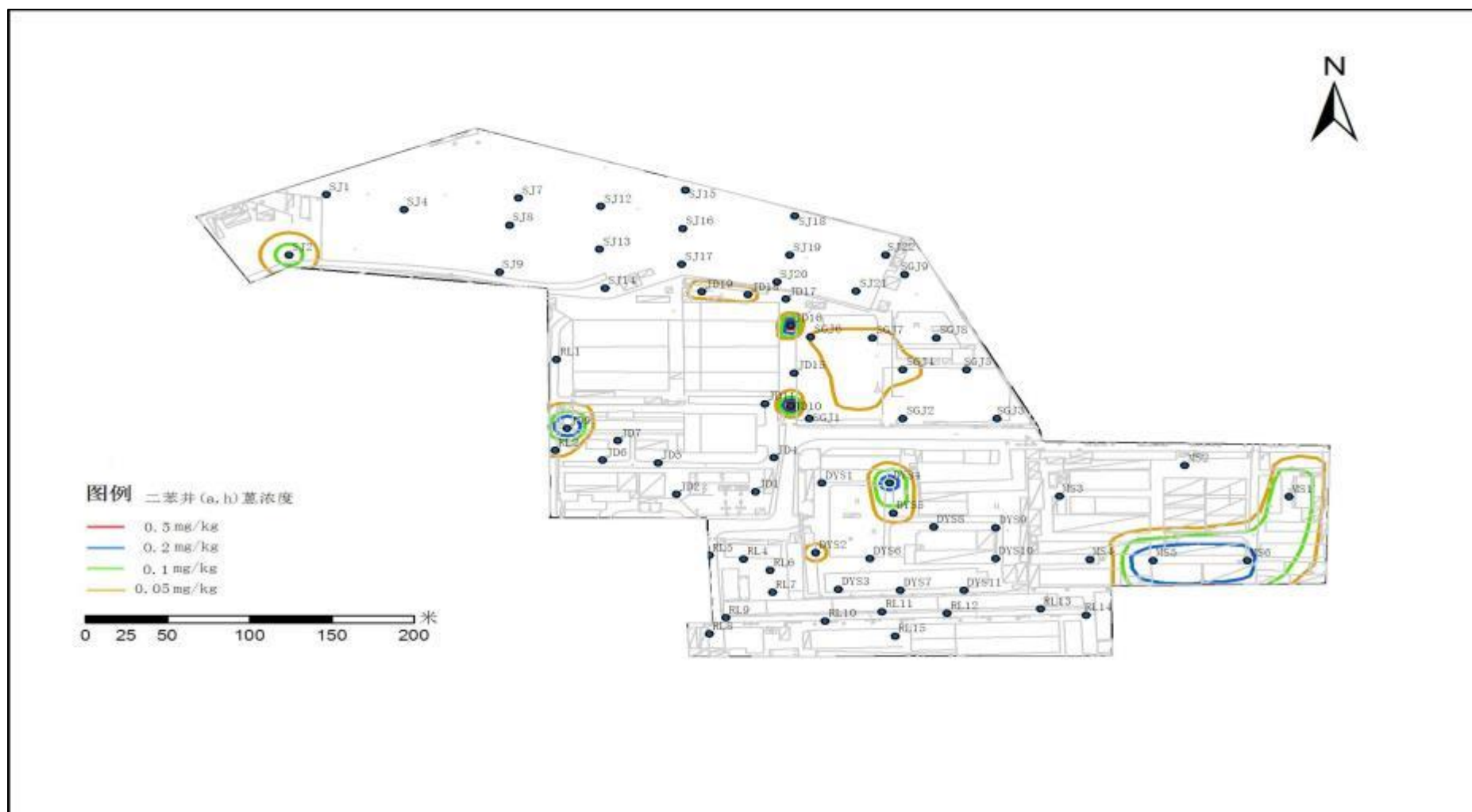




图 4.2-32 埋深 1-2m 范围内土壤样品中二苯并(a,h)蒽浓度分布示意图



图 4.2-33 埋深 2-3m 范围内土壤样品中二苯并(a,h)蒽浓度分布示意图

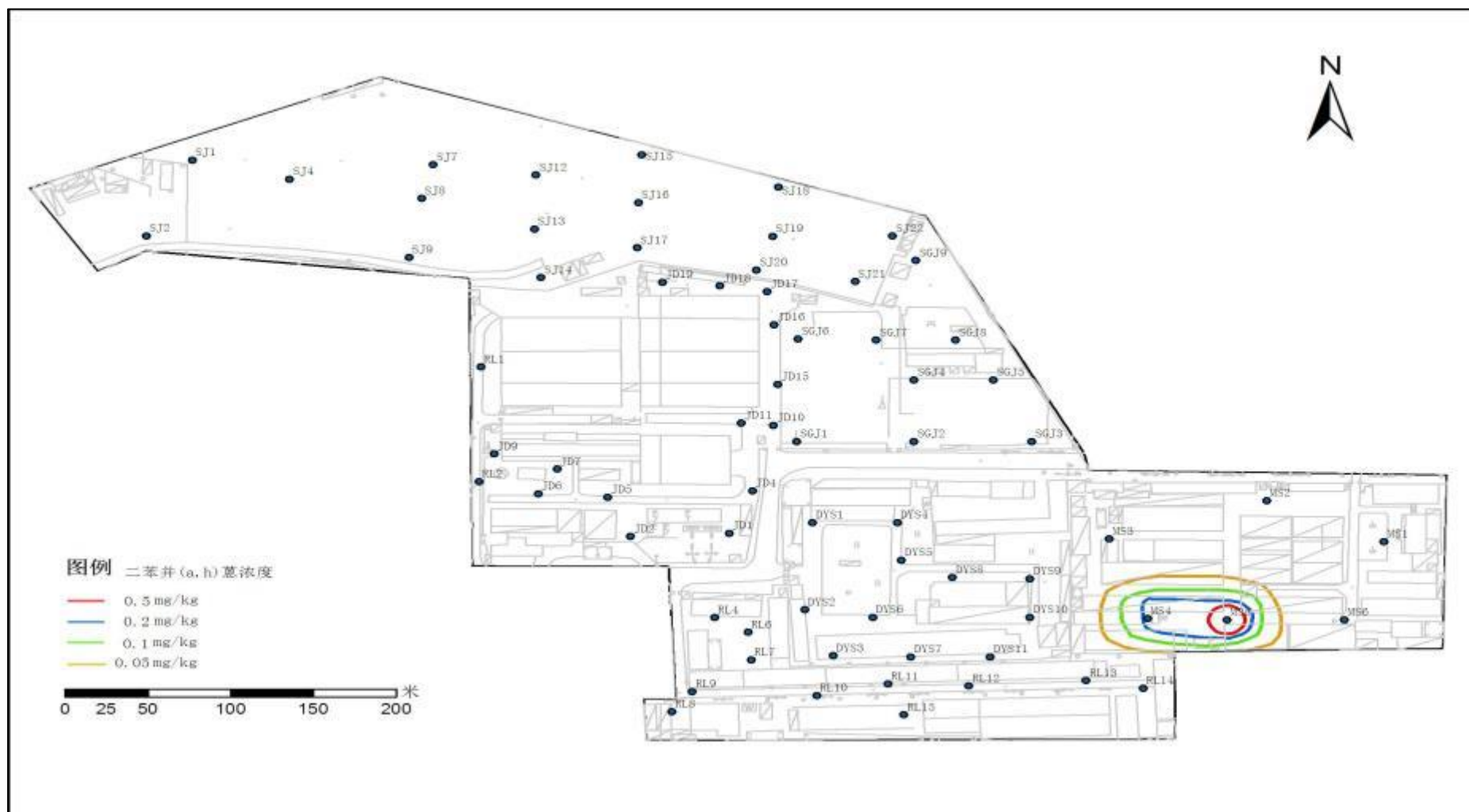
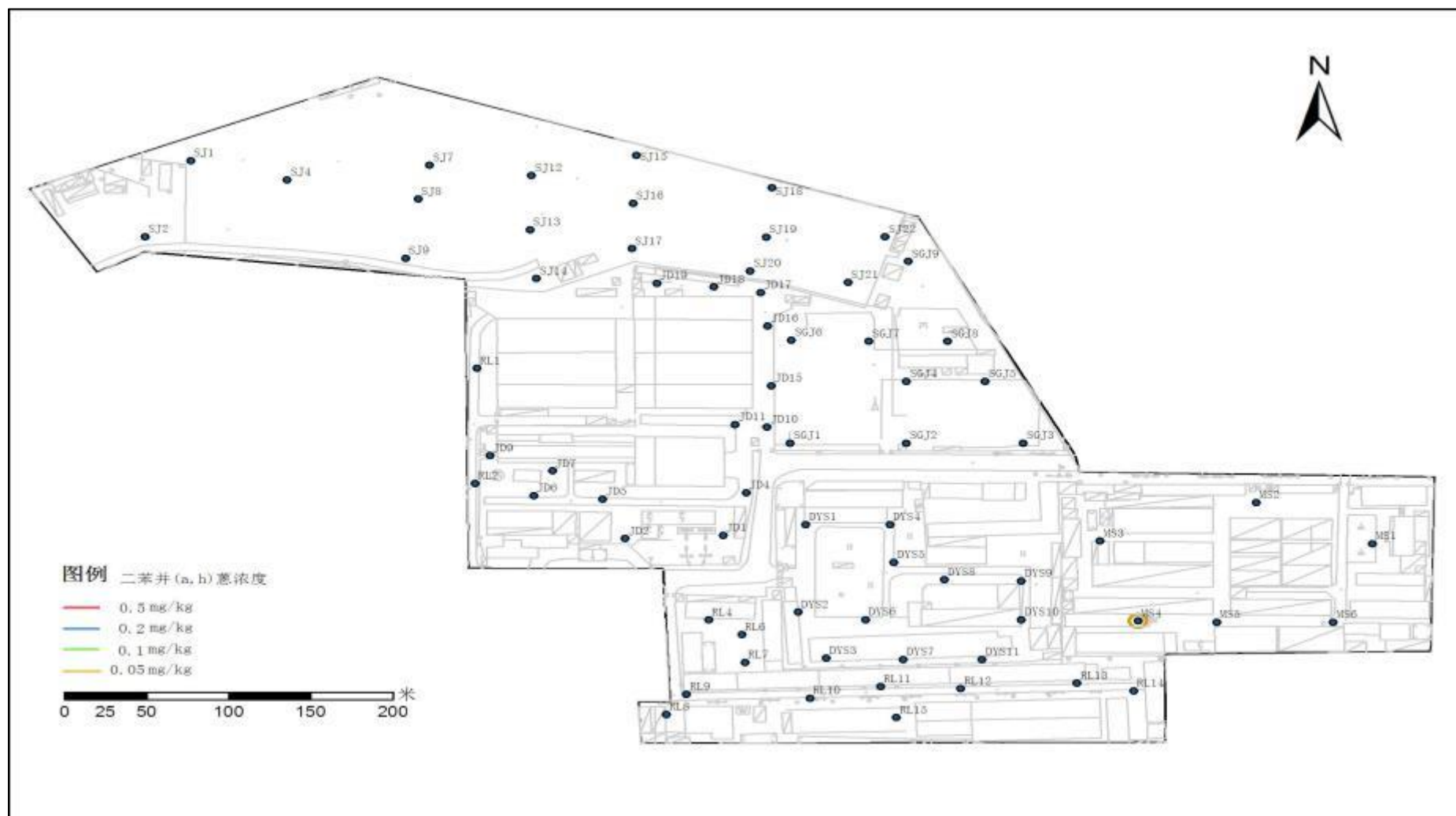


图 4.2-34 埋深 3-4m 范围内土壤样品中二苯并(a,h)蒽浓度分布示意图



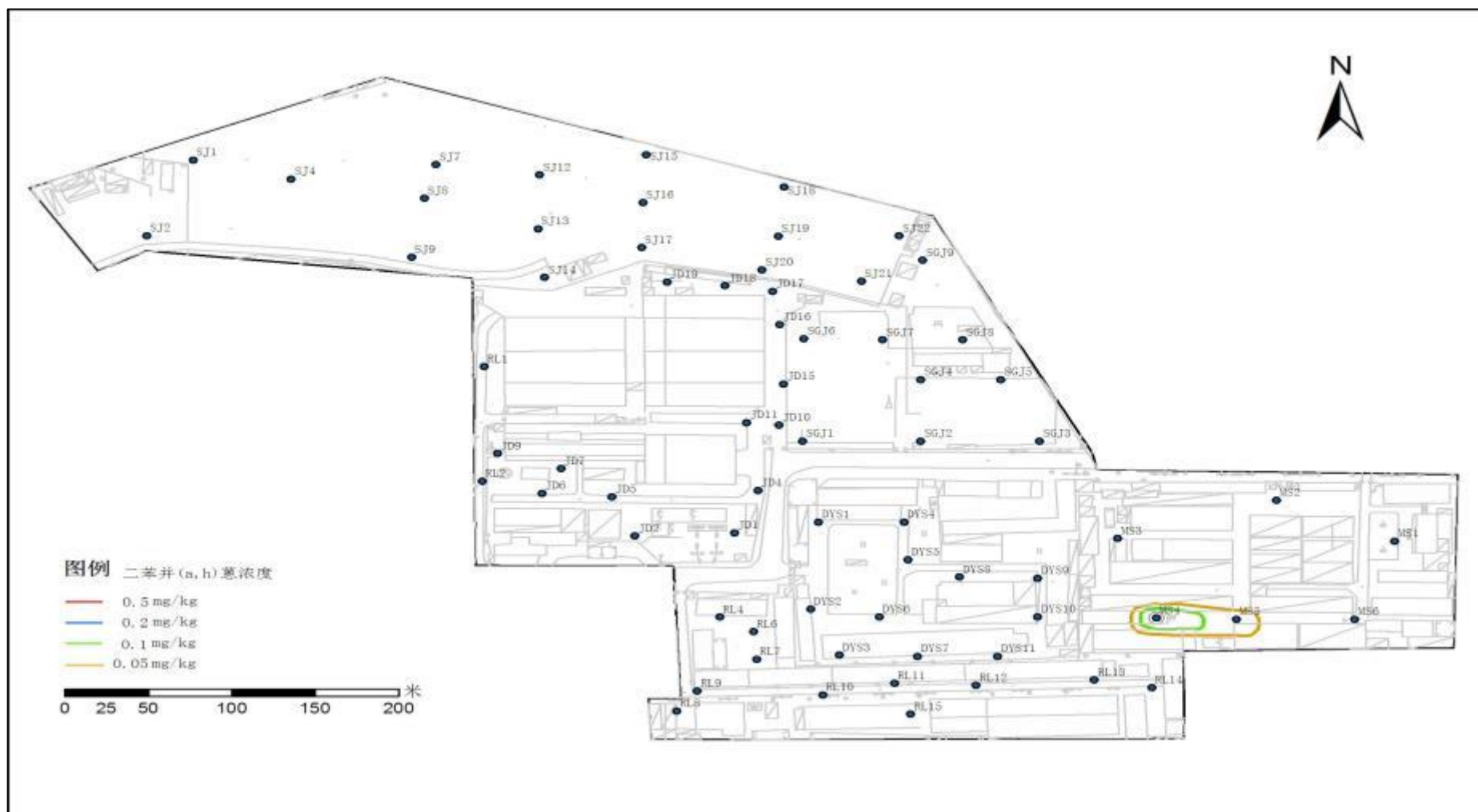


图 4.2-36 埋深 5-6m 范围内土壤样品中二苯并(a,h)萘浓度分布示意图



图 4.2-37 埋深 0-1m 范围内土壤样品中茚并(1,2,3-cd)茚浓度分布示意图

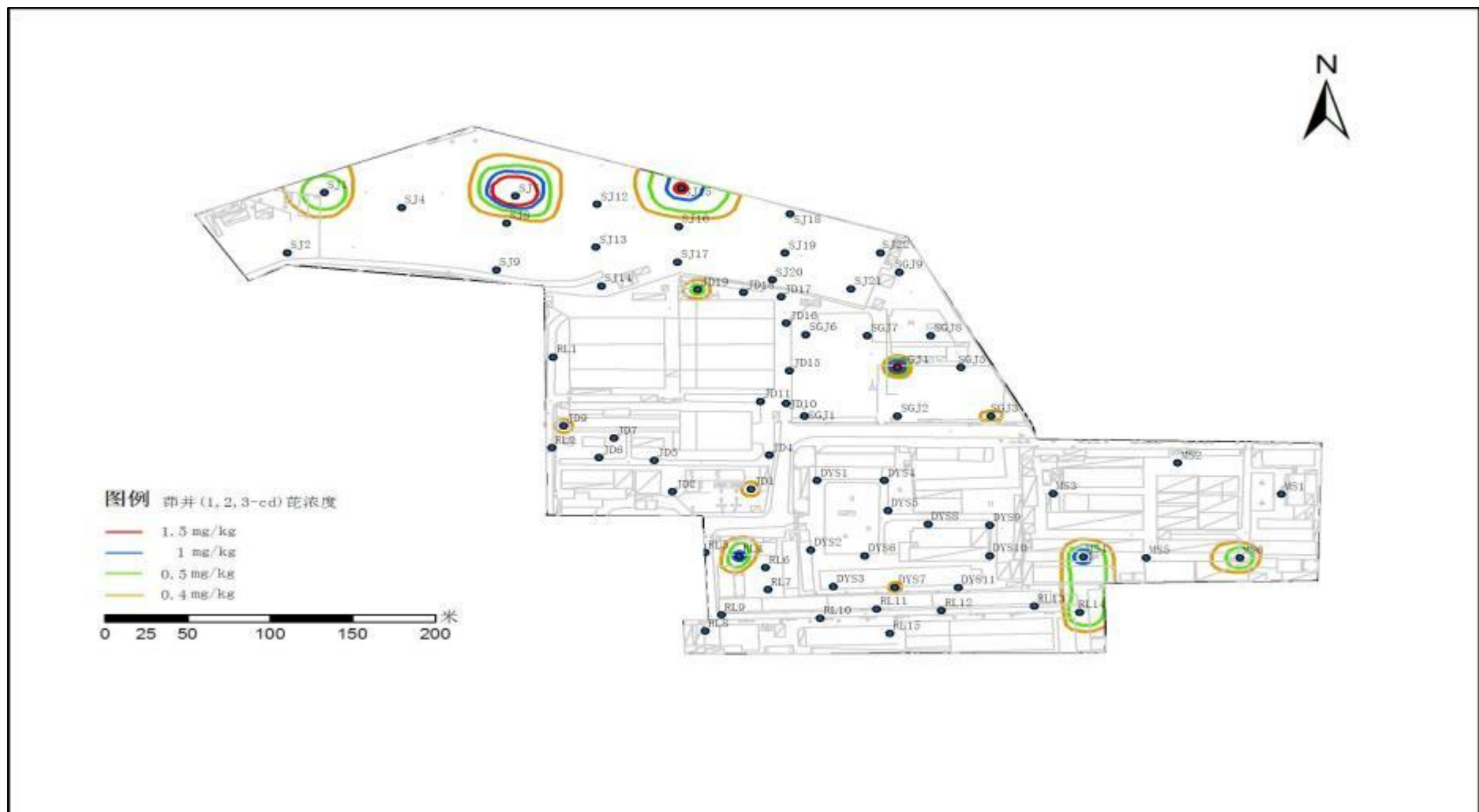


图 4.2-38 埋深 1-2m 范围内土壤样品中茚并(1,2,3-cd)茚浓度分布示意图





图 4.2-40 埋深 3-4m 范围内土壤样品中茚并(1,2,3-cd)茚浓度分布示意图



图 4.2-41 埋深 4-5m 范围内土壤样品中茚并(1,2,3-cd)芘浓度分布示意图

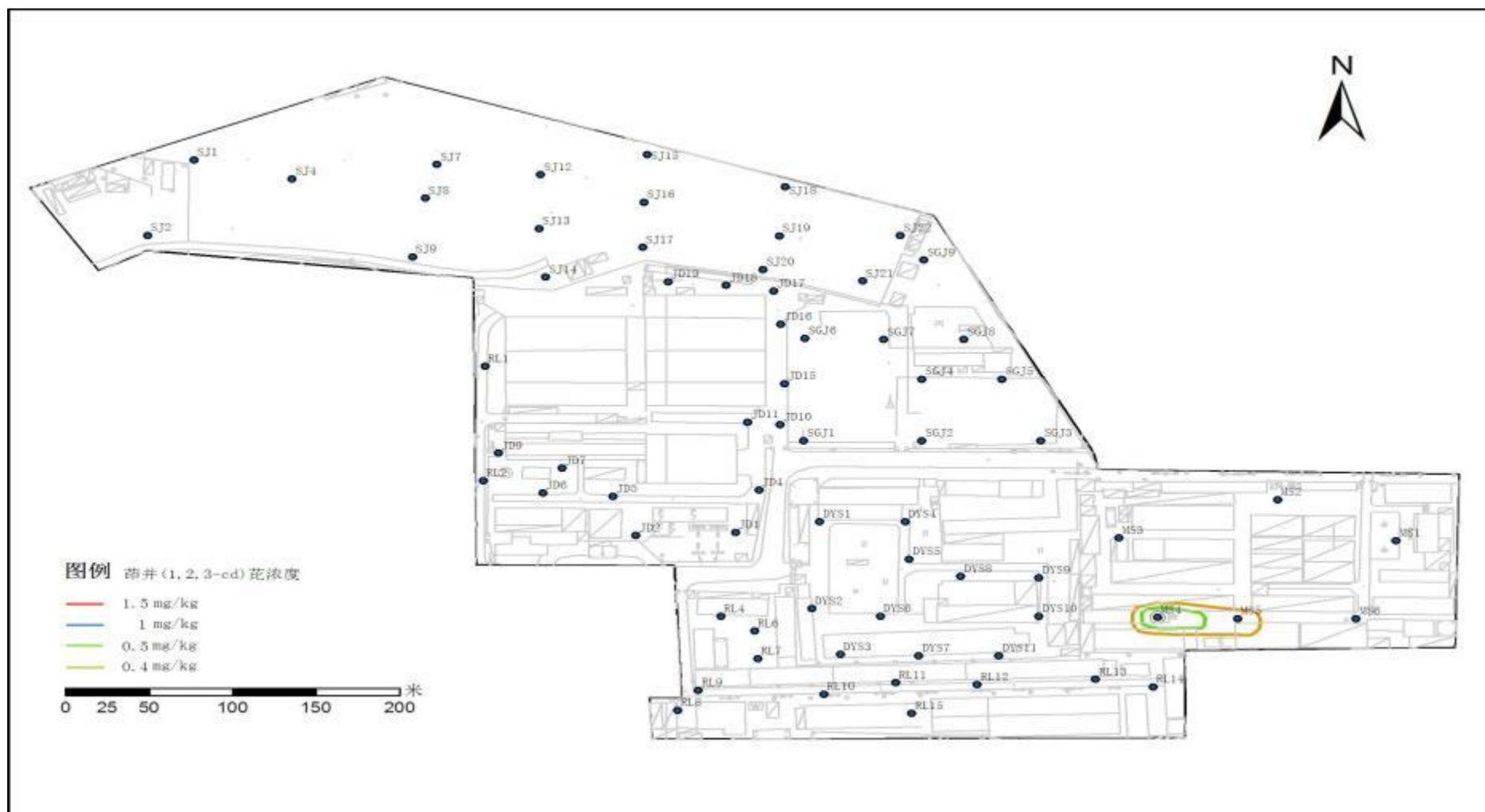


图 4.2-42 埋深 5-6m 范围内土壤样品中茚并(1,2,3-cd)茚浓度分布示意图

### 4.3 场地地下水污染特征分析

本次调查在监测井 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。检测结果见下表 4.3-1。

地下水样品检测结果与国家《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）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 14848-93）的 III 类水质标准。

表 4.3-1 地下水检出物质结果表（单位：mg/L）

| 测试指标  | MW11    | MW12    | GB/T 14848-93III 类 |
|-------|---------|---------|--------------------|
| 铜     | 0.0497  | <0.009  | ≤1.0               |
| 砷     | 0.0047  | 0.0030  | ≤0.05              |
| 氟二溴甲烷 | 0.00343 | 0.00331 | -                  |

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，检出点位为首钢厂区监测井 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，认为该调查场地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，说明调查场地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流场资料，在本次调查区域内，地下水有西北西向东南东方向流动（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。结合调查场地周边情况，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。

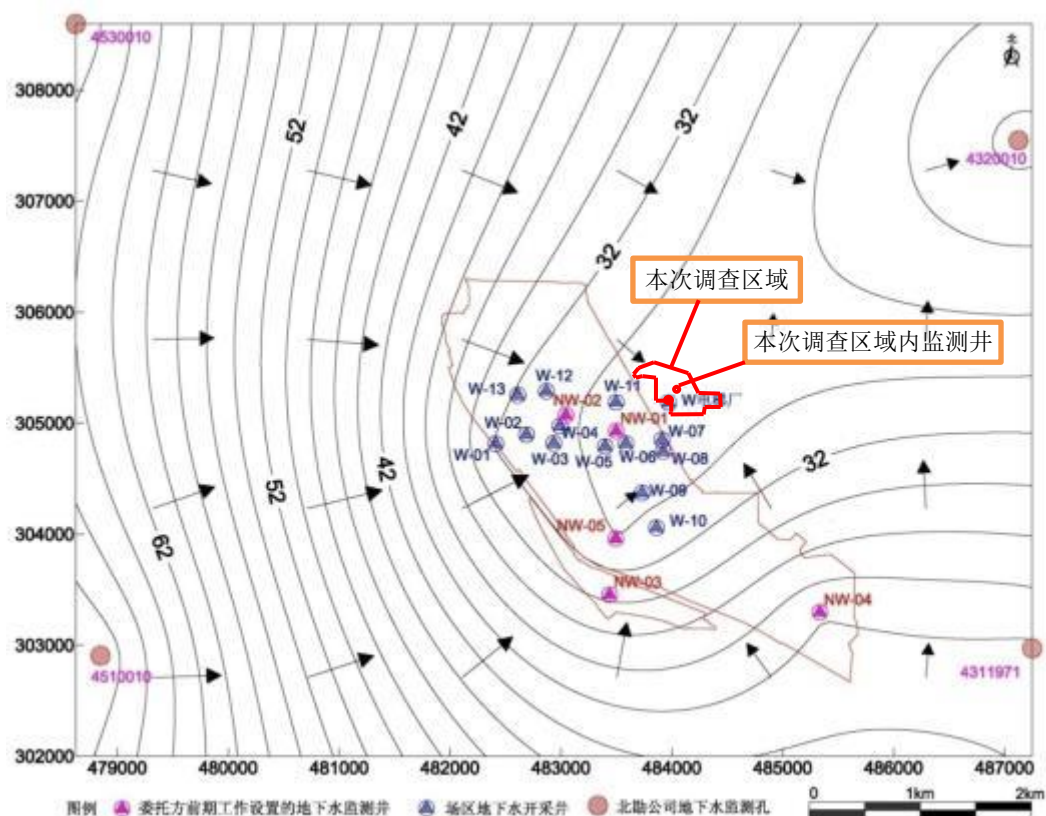


图 4.3-1 调查区域及周边其他场地地下水监测井位置相关性示意图

对于该调查场地内地下水中有有机物氟二溴甲烷的检出，因为没有相关标准可以参考比较，为保障后续地下水环境安全，后续将开展风险评估，分析其是否存在潜在风险。

#### 4.4 场地污染特征小结

1、通过网格布点和判断布点方法对北辛安棚户区改造项目所涉及的六个场区地进行采样调查，共布设土壤采样点 71 个，其中，首钢煤堆料场布设 17 个采样点，首钢电机厂布设 16 个采样点，首钢建设总公司古城基地布设 9 个采样点，北京第一低压电器有限责任公司布设 11 个采样点，首钢热力众达换热设备公司布设 12 个采样点，明塑包装制品厂布设 6 个采样点。共采集土壤样品 318 个，包括 15 个平行样，其中重金属检测样品 150 个，SVOCs 检测样品 235 个，VOCs 检测样品 83 个；采集了 2 个地下水样品，包括 1 个平行样。

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。

3、此次场地调查中对 150 个土壤样品进行重金属类物质检测，主要超标物

质是砷。

检测样品中有 39 个样品中的砷浓度超过 DB11/T 811-2011 住宅用地情景筛选值，超标样品主要分布在首钢煤堆料场，首钢电机厂，首钢热力众达换热设备公司，北京第一低压电器有限责任公司等四个场区。

4、此次场地调查中对 235 个土壤样品进行 SVOCs 类污染物检测，超过北京市筛选值的采样点点位有 52 个，超过北京市筛选值的土壤样品有 87 个。土壤样品中主要的超标 SVOC 物质是苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、菲、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)芘等。

5、此次场地调查中仅有一个土壤样品中苯的浓度超过北京市筛选值。

6、根据样品检测结果的统计分析，对照《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，需要关注的污染物主要包括砷、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯等。

7、需要对土壤污染中关注的特征污染物开展风险评估分析。

8、该调查场地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，调查场地地下水基本没有受到潜在特征污染物的影响。

## 5 场地风险评估

### 5.1 场地风险评价程序

场地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：确定场地的环境及健康风险。

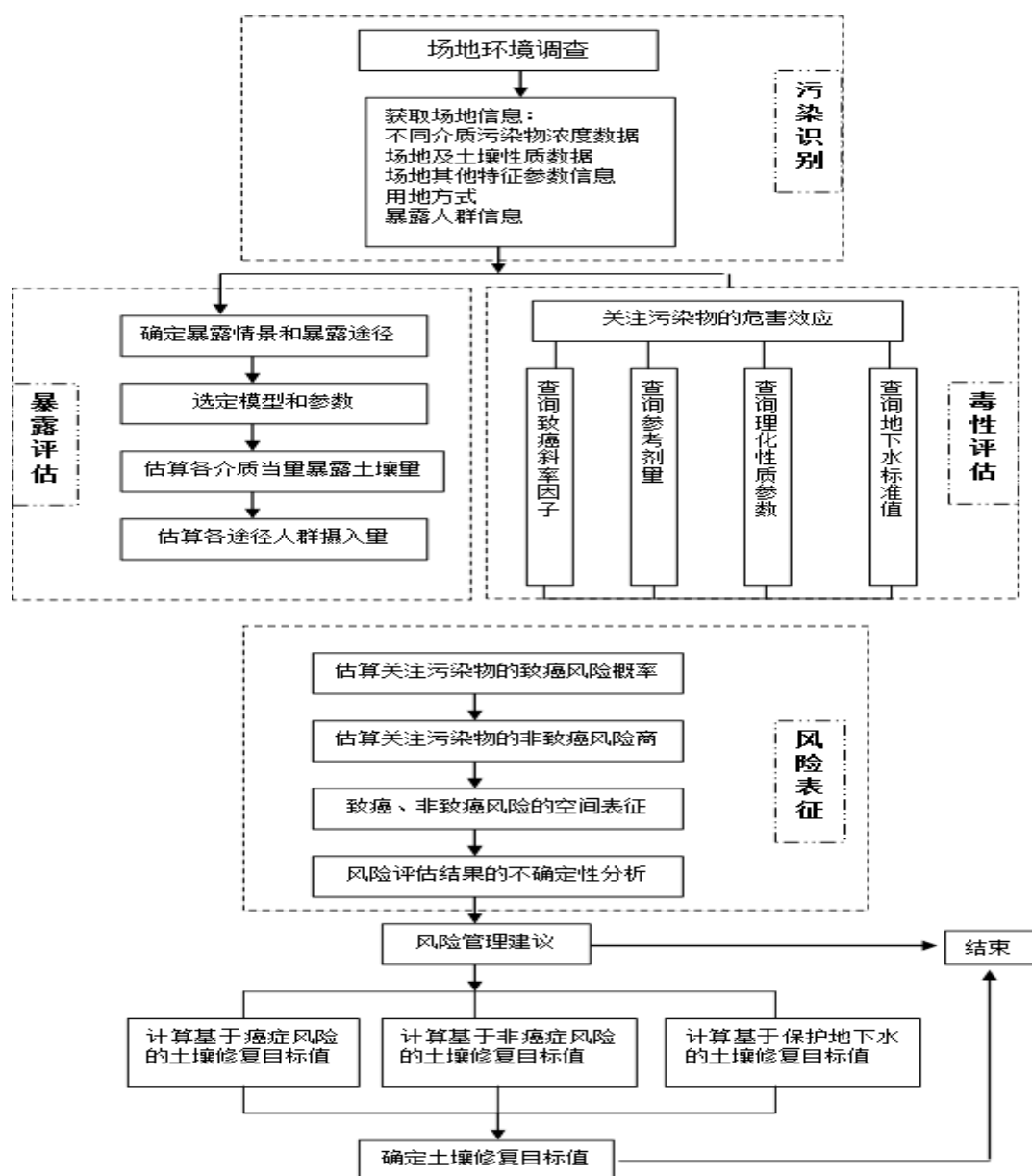


图 5.1-1 场地健康风险评价一般程序

## 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或地下水。根据场地调查的检测分析结果，土壤中超出相应筛选值的污染物是多环芳烃类物质，主要包括苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、菲、茚并(1,2,3-cd)芘。二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)花等，本次评价将对各个场区分别进行评估。

#### 5.2.1.1 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、二氢萘、萘、菲、芘、荧蒽、茚、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)蒽、茚并(1, 2, 3-cd)蒽、苯并(ghi)蒽这 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<br>Compound name | 分子式<br>Molecular formulas       | 分子量<br>Molecular weight | Kow  | 环数<br>Numbers of rings | 致癌性<br>Carcinogenicity |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|------|------------------------|------------------------|
| 萘                      | C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>  | 128.2                   | 3.28 | 2                      |                        |
| 萘烯                     | C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>  | 152.2                   | 4.07 | 2                      |                        |
| 萘                      | C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> | 154.2                   | 3.98 | 3                      |                        |
| 芴                      | C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> | 166.2                   | 4.18 | 3                      |                        |
| 菲                      | C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> | 178.2                   | 4.45 | 3                      |                        |
| 蒽                      | C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> | 178.2                   | 4.45 | 3                      |                        |
| 荧蒽                     | C <sub>16</sub> H <sub>10</sub> | 202.3                   | 4.90 | 4                      | 助癌                     |
| 蒽                      | C <sub>16</sub> H <sub>10</sub> | 202.3                   | 4.88 | 4                      |                        |
| 屈                      | C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> | 228.3                   | 5.16 | 4                      | 弱致癌                    |
| 苯并蒽                    | C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> | 228.2                   | 5.61 | 4                      | 强致癌                    |
| 苯并(b)荧蒽                | C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> | 252.3                   | 6.04 | 5                      | 强致癌                    |
| 苯并(k)荧蒽                | C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> | 252.3                   | 6.06 | 5                      | 强致癌                    |
| 苯并蒽                    | C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> | 252.3                   | 6.06 | 5                      | 特强致癌                   |
| 二苯并(a,h)蒽              | C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> | 278.4                   | 6.84 | 6                      | 特强致癌                   |
| 苯并(g,h,j)花             | C <sub>22</sub> H <sub>12</sub> | 276.3                   | 6.50 | 6                      | 助癌                     |
| 茚并(1,2,3-cd)蒽          | C <sub>22</sub> H <sub>12</sub> | 276.3                   | 6.58 | 6                      | 特强致癌                   |

下面对多环芳烃类各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)蒽对中枢神经、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。

**苯并(k)荧蒽，英文名称：Benzo[k]fluorathene; BaF。**

分子式：C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> 熔 点：21。沸点：480℃。溶解性：不溶于水，形貌为晶体。

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：苯并[k]荧蒽的相对致癌性较弱。

### 5.2.2 暴露点浓度

本次评价，将各场区不同污染物的最大浓度作为暴露点浓度值进行风险评估。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 各厂区暴露点浓度（单位：mg/kg）

| 场区<br>指标 | 首钢煤<br>料堆场 | 首钢<br>电机<br>厂 | 首钢建设总公<br>司古城基地 | 首钢热力众达<br>换热设备公司 | 北京第一低<br>压电器有限<br>责任公司 | 明塑包<br>装制品<br>厂 |
|----------|------------|---------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------|
| 砷        | 57         | 92            | -               | 70               | 21                     | -               |

|             |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 苯并(a)芘      | 2.01 | 3.37 | 9.02 | 0.68 | 2.29 | 3.61 |
| 苯并(a)蒽      | 8.26 | 4.77 | 6.28 | 0.95 | 3.75 | 3.34 |
| 苯并(b)荧蒽     | 13.8 | 4.66 | 24.3 | 3.0  | 6.91 | 4.7  |
| 苯并(k)荧蒽     | 6.48 | 6.27 | 5.18 | -    | -    | -    |
| 二苯并(ah)蒽    | -    | 0.95 | 0.55 | -    | 0.46 | 0.82 |
| 菲           | 11   | -    |      | -    | -    | -    |
| 茚并(123-cd)芘 | 9.67 | 4.15 | 6.93 | 1.38 | 2.34 | 2.42 |
| 苯并(ghi)花    | -    | -    | 8.24 | -    | -    | -    |
| 苯           | 1.39 | -    | -    | -    | -    | -    |

## 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

确定场地环境污染的健康风险暴露对象和暴露途径是场地风险评估的关键之一。暴露对象和暴露途径主要依据场地的未来用途确定。

本次评价区域在棚户区改造范围内，为了最大可能地保护场地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。本次评价各厂区的污染场地风险评估的概念模型如图 5.3-1 所示。

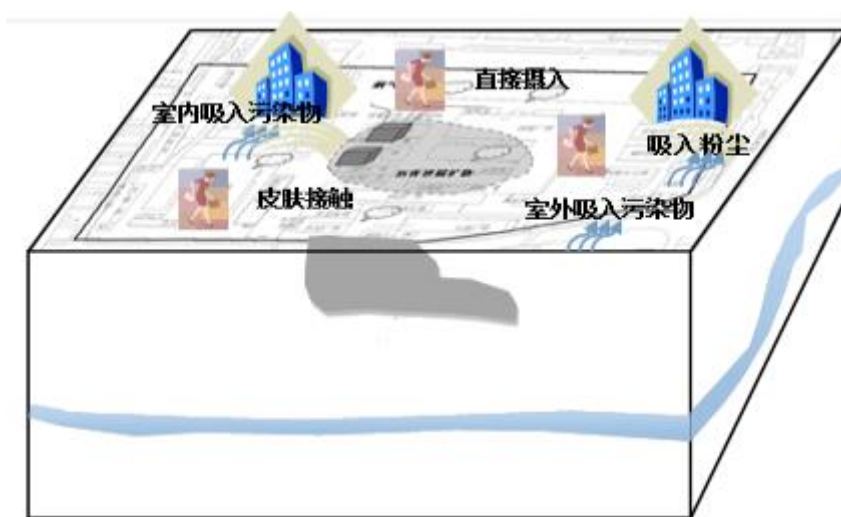


图 5.3-1 场地暴露途径概念模型图

通过场地前期调查与数据分析工作确定场地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），结合场地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。

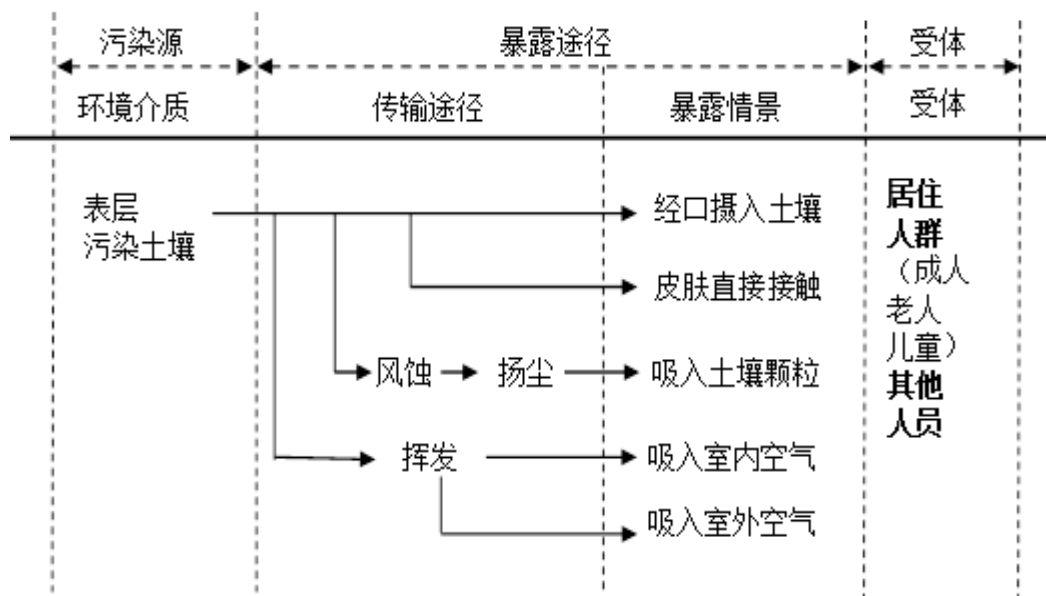


图 5.3-2 污染场地暴露途径示意图

### 5.3.3 暴露参数

暴露参数包括暴露频率、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 场地风险评估模型参数及推荐值

| 人体参数（居住）                |                        |      |
|-------------------------|------------------------|------|
| 参数                      | 儿童                     | 成人   |
| 致癌作用时间(yr)              | 70                     |      |
| 非致癌作用时间(yr)             | 6                      | 30   |
| 体重(Kg)                  | 15                     | 60   |
| 暴露持续时间(yr)              | 6                      | 30   |
| 空气中的暴露时间(yr)            | 30                     |      |
| 暴露频率(d/a)               | 350                    |      |
| 皮肤暴露频率(d/a)             | 350                    |      |
| 皮肤暴露表面积 cm <sup>2</sup> | 1600                   | 4350 |
| 皮肤的土壤吸附参数               | 0.5                    |      |
| 土壤摄入量（mg/d）             | 200                    | 100  |
| 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                    |      |
| 毛细带厚度                   | 0.05m                  |      |
| 土壤层厚度                   | 50.95m                 |      |

|                   |                     |                      |
|-------------------|---------------------|----------------------|
|                   | 包气带/Vadose Zone     | 毛细带/Capillary Fringe |
| 体积含水量             | 0.15                | 0.414                |
| 体积空气含量            | 0.31                | 0.046                |
| 总孔隙度              | 0.46                |                      |
| 干容积密度             | 1.6Kg/L             |                      |
| 垂向水力传到系数          | 559.008cm/d         |                      |
| 气体渗透性             | 7.2E-12 m²          |                      |
| 毛细带厚度             | 0.05m               |                      |
| 区域降水量             | 40cm/yr             |                      |
| 土壤有机碳含量           | 0.01                |                      |
| 土壤/水 pH           | 7.7                 |                      |
| 室外空气参数            |                     |                      |
| 空气混合区高度           | 2m                  |                      |
| 空气混合区的空气流速        | 2.25m/s             |                      |
| 颗粒扩散因子            | 0.000000000069kg/m³ |                      |
| 区域颗粒浓度            | 1.9E-14g/cm³s       |                      |
| 室内空气参数            |                     |                      |
| 室内空间体积与气态污染物入渗面积比 | 2m                  |                      |
| 室内地板面积            | 70 m²               |                      |
| 室内地板周长            | 34m                 |                      |
| 室内空气交换率           | 0.00014 次/s         |                      |
| 室内地基深度            | 0.15m               |                      |
| 地基和墙体裂隙表面积所占比例    | 0.001               |                      |
| 地基裂隙中水体积比         | 0.12                |                      |

|            |        |
|------------|--------|
| 地基裂隙中空气体积比 | 0.26   |
| 地下水参数      |        |
| 水力传导系数     | 300m/d |
| 水力坡度       | 0.002  |
| 有效孔隙度      | 0.38   |

#### 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，cm<sup>2</sup>/d；

AF——土壤对皮肤的吸附系数，mg/cm<sup>2</sup>；

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:

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

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

式中:

CS——土壤中化学物质浓度, mg/kg;

IR——空气摄入量, m<sup>3</sup>/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<sub>air</sub>——空气中化学物质浓度, mg/m<sup>3</sup>;

P<sub>e</sub>——扬尘逸散速率, g/cm<sup>2</sup> sec;

W——风向平行方向上污染源最大宽度, cm;

U<sub>air</sub>——污染源上方平均风速, cm/sec;

δ<sub>air</sub>——污染源上方空气混合层高度, cm;

CF——单位转换因子, cm<sup>3</sup>/kg-m<sup>3</sup>/g, 数值为 10<sup>-3</sup>。

## 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选自 RBCA 人体健康毒性数据。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 <sup>3</sup> ) | 1/(mg/kg/day) |          | 1/(µg/m <sup>3</sup> ) |        |
|               |                          |           | 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   |
| 苯并(a)蒽        | Benzanthrene             | 56-55-3   | -           | -       | -                    | 7.30E-01      | 7.30E-01 | 8.80E-05               | 0.13   |
| 苯并(a)芘        | Benzo (a) pyrene         | 50-32-8   | -           | -       | -                    | 7.30E+00      | 7.30E+00 | 8.80E-04               | 0.13   |
| 苯并(b)荧蒽       | Benzo (b) fluoranthene   | 205-99-2  | -           | -       | -                    | 7.30E-01      | 7.30E-01 | 8.80E-05               | 0.13   |
| 二苯并(a,h)蒽     | Dibenz-a,h-anthracene    | 53-70-3   | -           | -       | -                    | 7.30E+00      | 7.30E+00 | 8.80E-04               | 0.13   |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | Indeno (1,2,3-cd) pyrene | 193-39-5  | -           | -       | -                    | 7.30E-01      | 7.30E-01 | 8.80E-05               | 0.13   |
| 苯并(k)荧蒽       | Benzo-k-fluoranthene     | 207-08-9  | -           | -       | -                    | 7.30E-02      | 7.30E-02 | 8.80E-06               | 0.13   |
| 苯并(ghi)花      | Benzo-g,h,i-perylene     | 191-24-2  | 0.03        | 0.03    | -                    | -             | -        | -                      | -      |
| 氟二溴甲烷         | Dibromofluoromethane     | 1868-53-7 | 0.2         | 0.2     | 5                    | -             | -        | -                      | -      |
| 苯             | Benzene                  | 71-43-2   | 4.00E-3     | 4.00E-3 | 3.00E-2              | 5.50E-2       | 5.50E-2  | 7.80E-06               | 0      |

致癌等级的划分，按照美国 IRIS 污染物致癌等级划分：A（确定为人类致癌物质，有充足的动物致癌毒性试验资料，人体致癌毒性资料比较充分）、B1（动物实验致癌毒性资料充分，人体毒性资料不充分的污染物）、B2（根据充分的动物致癌毒性资料，极可能为人类致癌物的污染物）、C（动物致癌毒性资料不是十分充分的人体可疑致癌物）、D（无法分类）、E（已证实为非人类致癌物）。NA（数据不足以评估人类的致癌作用）\*

## 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。本次风险评价根据各厂区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），mg/(kg d)；

CSF——各类途径的致癌风险斜率系数，(mg/(kg d))<sup>-1</sup>。

#### 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），mg/(kg d)；

RfC=参考剂量，mg/(kg 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

本次场地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 计划中的场地风险评价，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。

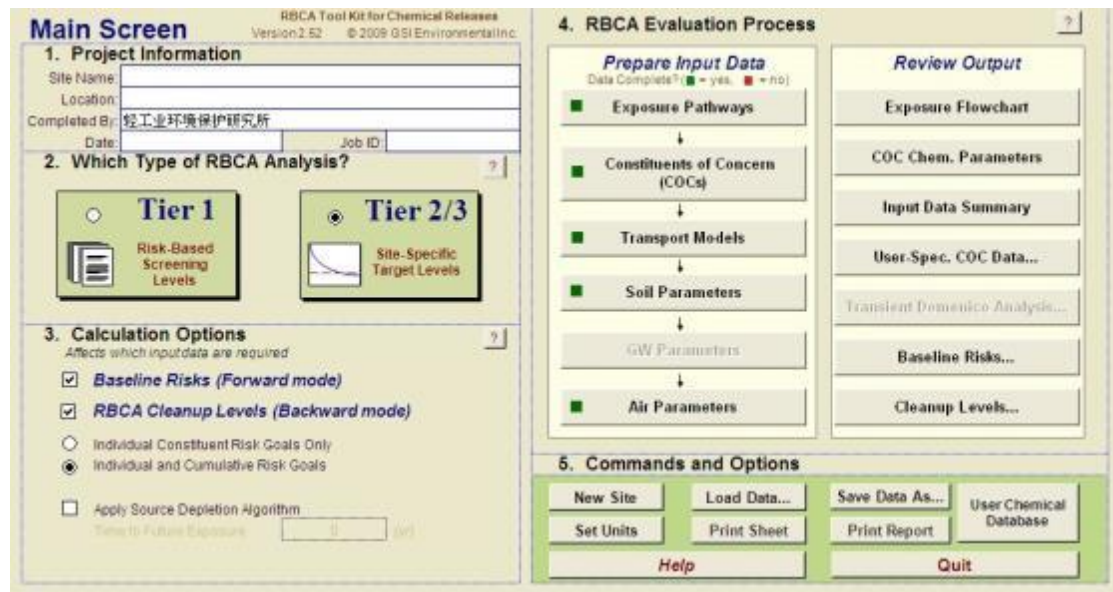


图 5.5-1 RBCA 模型主界面

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。在计算场地特征筛选值时，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，取其中最小值作为场地特征筛选值。

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

考虑到该场地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，进行该场地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 场地污染物健康风险计算结果汇总表

| <div> <div>场地</div> <div>污染物</div> </div> | 首钢煤料堆场  |         | 首钢电机厂   |      | 首钢古城建设基地 |         | 北京第一低压电器有<br>限责任公司 |         | 首钢热力众达换热设<br>备公司 |      | 明塑包装制品厂  |     |
|-------------------------------------------|---------|---------|---------|------|----------|---------|--------------------|---------|------------------|------|----------|-----|
|                                           | 致癌风险    | 危害商     | 致癌风险    | 危害商  | 致癌风险     | 危害商     | 致癌风险               | 危害商     | 致癌风险             | 危害商  | 致癌风险     | 危害商 |
| 砷                                         | 1.74E-4 | 2.07    | 2.83E-4 | 3.58 | -        | -       | 6.38E-5            | 8.24E-1 | 2.2E-4           | 2.66 | -        | -   |
| 苯并(a)蒽                                    | 2.06E-5 | -       | 1.19E-5 | -    | 1.59E-5  | -       | 9.38E-6            | -       | 2.38E-6          | -    | 8.29E-6  | -   |
| 苯并(a)芘                                    | 4.99E-5 | -       | 8.41E-5 | -    | 2.22E-4  | -       | 5.73E-5            | -       | 1.68E-5          | -    | 9.00E-5  | -   |
| 苯并(b)荧蒽                                   | 3.51E-5 | -       | 1.13E-5 | -    | 6.05E-5  | -       | 1.75E-5            | -       | 7.46E-6          | -    | 1.18E-5  | -   |
| 苯并(k)荧蒽                                   | 1.61E-6 | -       | 1.53E-6 | -    | 1.3E-6   | -       | -                  | -       | -                | -    | -        | -   |
| 二苯并(a,h)蒽                                 | -       | -       | 2.34E-5 | -    | 1.37E-5  | -       | 1.15E-5            | -       | -                | -    | 2.06E-5  | -   |
| 茚并(1,2,3-cd)<br>芘                         | 2.39E-5 | -       | 1.04E-5 | -    | 1.7E-5   | -       | 4.25E-6            | -       | 3.45E-6          | -    | 5.94E-06 | -   |
| 菲                                         | -       | 7.47E-3 | -       | -    | -        | -       | -                  | -       | -                | -    | -        | -   |
| 苯并(g,h,i)花                                | -       | -       | -       | -    | -        | 5.54E-3 | -                  | -       | -                | -    | -        | -   |
| 苯                                         | 6.28E-6 | 2.75E-2 | -       | -    | -        | -       | -                  | -       | -                | -    | -        | -   |
| 累计风险值                                     | 3.92E-4 | 2.10    | 4.26E-4 | 3.58 | 3.30E-4  | 5.54E-3 | 1.64E-4            | 8.24E-1 | 2.5E-4           | 2.66 | 1.37E-4  | -   |

根据风险计算结果，六个场区的致癌风险都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。

首钢煤料堆场场区的累积致癌风险是  $3.92E-4$ ，危害商是 2.1；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(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘，苯；

首钢电机厂场区的累积致癌风险是  $4.26E-4$ ，危害商是 3.58；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(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽；

首钢古城建设基地场区的累积致癌风险是  $3.3E-4$ ，危害商是  $5.54E-3$ ；后期需要对污染土壤进行修复处理，主要关注污染物是苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽；

北京第一低压电器有限责任公司场区的累积致癌风险是  $1.64E-4$ ，危害商是  $8.24E-1$ ；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(a)芘、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽；

首钢热力众达换热设备公司场区的累积致癌风险是  $2.5E-4$ ，危害商是 2.66；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)芘、苯并(b)荧蒽；

明塑包装制品厂场区的累积致癌风险是  $1.37E-4$ ；后期需要对污染土壤进行修复处理，主要关注污染物是苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽。

### 5.5.5 土壤污染风险贡献率分析

通过对场地土壤污染的调查及评估，可以看出场地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，为后期场地土壤的风险管理对策制定提供参考和依据。

本部分主要分析该场地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。

#### (1) 首钢煤料堆场

首钢煤堆料场场区的累积致癌风险是  $3.11E-4$ ，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，苯。

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砷,风险贡献率为 55.88%;其次为苯并(a)芘,贡献率为 16.02%;苯并(b)荧蒽的贡献率为 11.27%;苯并(a)蒽的贡献率为 6.62%;茚并(1,2,3-cd)芘的贡献率为 7.68%。从单一暴露途径看,对致癌风险贡献率最高的暴露途径是经口摄入,贡献率是 78.7%;其次是皮肤接触,贡献率是 19.95%;最小的是呼吸接触,贡献率是 1.98%。

表 5.5-2 首钢煤堆料场厂区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<br>致癌风险 | 单一污染物致癌<br>风险贡献率 |
|---------------|-------------|---------|---------|---------------|------------------|
|               | 呼吸接触        | 经口摄入    | 皮肤接触    |               |                  |
| 砷             | 6.92E-10    | 1.54E-4 | 2.03E-5 | 1.74E-4       | 55.88%           |
| 苯并(a)蒽        | 2.09E-8     | 1.40E-5 | 6.59E-6 | 2.06E-5       | 6.62%            |
| 苯并(a)芘        | 1.80E-8     | 3.39E-5 | 1.60E-5 | 4.99E-5       | 16.02%           |
| 苯并(b)荧蒽       | 2.24E-8     | 2.40E-5 | 1.11E-5 | 3.51E-5       | 11.27%           |
| 苯并(k)荧蒽       | 2.17E-10    | 1.09E-6 | 5.21E-7 | 1.61E-6       | 0.52%            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 1.94E-9     | 1.61E-5 | 7.75E-6 | 2.39E-5       | 7.68%            |
| 苯             | 6.1E-6      | 1.8E-7  | -       | 6.28E-6       | 2.02%            |
| 单一途径致癌风险      | 6.16E-6     | 2.43E-4 | 6.21E-5 | 3.11E-4       |                  |
| 单一途径致癌风险贡献率   | 1.98%       | 78.07%  | 19.95%  |               |                  |

该厂区内污染土壤中砷的非致癌风险的危害商是 2.07, 高于危害商的可接受值 1; 非致癌风险的来源主要是土壤中的砷。

## (2) 首钢电机厂

首钢电机厂场区的累积致癌风险是 4.26E-4, 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 5.5-3 的数据,单一污染物中致癌风险贡献率最高为砷,风险贡献率为 66.51%;其次为苯并(a)芘,贡献率为 19.76%;二苯并(a,h)蒽的贡献率为 5.49%;苯并(a)蒽的贡献率为 2.78%;苯并(b)荧蒽的贡献率为 2.66%;茚并(1,2,3-cd)芘的贡献率为 2.44%。

从单一暴露途径看,对致癌风险贡献率最高的暴露途径是经口摄入,贡献率是 81.52%;其次是皮肤接触,贡献率是 18.47%;最小的是呼吸接触,贡献率是 0.01%。

表 5.5-3 首钢电机厂厂区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<br>致癌风险 | 单一污染物致癌<br>风险贡献率 |
|---------------|-------------|---------|---------|---------------|------------------|
|               | 呼吸接触        | 经口摄入    | 皮肤接触    |               |                  |
| 砷             | 1.13E-9     | 2.51E-4 | 3.23E-5 | 2.83E-4       | 66.51%           |
| 苯并(a)蒽        | 1.16E-8     | 7.99E-6 | 3.85E-6 | 1.19E-5       | 2.78%            |
| 苯并(a)芘        | 3.01E-8     | 5.68E-5 | 2.73E-5 | 8.41E-5       | 19.76%           |
| 苯并(b)荧蒽       | 7.54E-9     | 7.54E-6 | 3.77E-6 | 1.13E-5       | 2.66%            |
| 苯并(k)荧蒽       | 3.15E-10    | 1.03E-6 | 5.06E-7 | 1.53E-6       | 0.36%            |
| 二苯并(a,h)蒽     | 2.45E-9     | 1.58E-5 | 7.59E-6 | 2.34E-5       | 5.49%            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 8.60E-10    | 7.02E-6 | 3.37E-6 | 1.04E-5       | 2.44%            |
| 单一途径致癌风险      | 5.40E-8     | 3.47E-4 | 7.86E-5 | 4.26E-4       |                  |
| 单一途径致癌风险贡献率   | 0.01%       | 81.52%  | 18.47%  | 1.00E+00      |                  |

该厂区内污染土壤的非致癌风险的危害商是 3.58，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砷，其中经口摄入的非致癌风险的危害商是 3.04，皮肤接触非致癌风险的危害商是 0.54；经口摄入的非致癌风险的贡献率是 85%，皮肤接触的非致癌风险的贡献率是 15%，

### (3) 首钢建设总公司古城建设基地

首钢古城建设基地场区的累积致癌风险是  $3.30\text{E-}4$ ，主要关注污染物是苯并(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 5.5-4 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 67.19%；其次为苯并(b)荧蒽，贡献率为 18.31%；苯并(a)蒽的贡献率为 4.80%；茚并(1,2,3-cd)芘的贡献率为 5.15%；二苯并(a,h)蒽的贡献率为 4.16%。

从单一暴露途径看，对致癌风险贡献率最高的暴露途径是经口摄入，贡献率是 68.27%；其次是皮肤接触，贡献率是 31.68%；最小的是呼吸接触，贡献率是 0.04%。

表 5.5-4 首钢古城建设基地院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<br>致癌风险 | 单一污染物致<br>癌风险贡献率 |
|---------------|-------------|---------|---------|---------------|------------------|
|               | 呼吸接触        | 经口摄入    | 皮肤接触    |               |                  |
| 苯并(a)蒽        | 1.54E-8     | 1.08E-5 | 5.04E-6 | 1.59E-5       | 4.80%            |
| 苯并(a)芘        | 8.24E-8     | 1.52E-4 | 6.98E-5 | 2.22E-4       | 67.19%           |
| 苯并(b)荧蒽       | 3.96E-8     | 4.10E-5 | 1.95E-5 | 6.05E-5       | 18.31%           |
| 苯并(k)荧蒽       | 1.70E-10    | 8.82E-7 | 4.16E-7 | 1.30E-6       | 0.39%            |
| 二苯并(a,h)蒽     | 1.40E-9     | 9.33E-6 | 4.41E-6 | 1.37E-5       | 4.16%            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 1.43E-9     | 1.14E-5 | 5.60E-6 | 1.70E-5       | 5.15%            |
| 单一途径致癌风险      | 1.41E-7     | 2.26E-4 | 1.05E-4 | 3.30E-4       |                  |
| 单一途径致癌风险贡献率   | 0.04%       | 68.27%  | 31.68%  | 100.00%       |                  |

该厂区内污染土壤的非致癌风险的危害商是  $5.54E-3$ ；小于可接受值 1；

#### (4) 北京第一低压电器有限责任公司

北京第一低压电器有限责任公司场区的累积致癌风险是  $1.64E-4$ ，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 5.5-5 的数据，单一污染物中致癌风险贡献率最高为砷，风险贡献率为 38.99%；其次为苯并(a)芘，贡献率为 35.01%；苯并(b)荧蒽的贡献率为 10.67%，苯并(a)蒽的贡献率为 5.73%；二苯并(a,h)蒽贡献率为 7.01%；茚并(1,2,3-cd)芘的贡献率为 2.60%。

从单一暴露途径看，对致癌风险贡献率最高的暴露途径是经口摄入，贡献率是 75.82%；其次是皮肤接触，贡献率是 24.16%；最小的是呼吸接触，贡献率是 0.03%。

表 5.5-5 北京第一低压电器有限责任公司厂区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 |         |         | 不同暴露途径<br>的致癌风险 | 不同暴露途径的<br>致癌风险贡献率 |
|--------|-------------|---------|---------|-----------------|--------------------|
|        | 呼吸接触        | 经口摄入    | 皮肤接触    |                 |                    |
| 砷      | 2.56E-10    | 5.64E-5 | 7.38E-6 | 6.38E-5         | 38.99%             |
| 苯并(a)蒽 | 9.50E-9     | 6.33E-6 | 3.04E-6 | 9.38E-6         | 5.73%              |
| 苯并(a)芘 | 2.04E-8     | 3.88E-5 | 1.84E-5 | 5.73E-5         | 35.01%             |

|                 |          |         |         |         |        |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|--------|
| 苯并(b)荧蒽         | 1.12E-8  | 1.19E-5 | 5.58E-6 | 1.75E-5 | 10.67% |
| 二苯并(a,h)蒽       | 1.22E-9  | 7.72E-6 | 3.74E-6 | 1.15E-5 | 7.01%  |
| 茚并(1,2,3-cd)芘   | 3.53E-10 | 2.87E-6 | 1.38E-6 | 4.25E-6 | 2.60%  |
| 单一途径致癌风险        | 4.29E-8  | 1.24E-4 | 3.95E-5 | 1.64E-4 |        |
| 单一途径致癌风险<br>贡献率 | 0.03%    | 75.82%  | 24.16%  | 100.00% |        |

该厂区内污染土壤的非致癌风险的危害商是  $8.24E-1$  小于可接受值 1。

#### (5) 首钢热力众达换热设备公司

首钢热力众达换热设备公司场区的累积致癌风险是  $2.5E-4$ ，主要关注污染物是砷、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽。

根据表 5.5-5 的数据，单一污染物中致癌风险贡献率最高为砷，风险贡献率为 87.94%；其次为苯并(a)芘，贡献率为 6.74%；苯并(b)荧蒽的贡献率为 2.99%。

从单一暴露途径看，对致癌风险贡献率最高的暴露途径是经口摄入，贡献率是 86.14%；其次是皮肤接触，贡献率是 13.85%。

表 5.5-5 首钢热力众达换热设备公司厂区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<br>致癌风险 | 单一污染物致<br>癌风险贡献率 |
|-----------------|-------------|---------|---------|---------------|------------------|
|                 | 呼吸接触        | 经口摄入    | 皮肤接触    |               |                  |
| 砷               | 8.50E-10    | 1.95E-4 | 2.48E-5 | 2.20E-4       | 87.94%           |
| 苯并(a)蒽          | 2.34E-9     | 1.60E-6 | 7.81E-7 | 2.38E-6       | 0.96%            |
| 苯并(a)芘          | 6.14E-9     | 1.13E-5 | 5.50E-6 | 1.68E-5       | 6.74%            |
| 苯并(b)荧蒽         | 4.89E-9     | 5.07E-6 | 2.39E-6 | 7.46E-6       | 2.99%            |
| 茚并(1,2,3-cd)芘   | 2.87E-10    | 2.33E-6 | 1.12E-6 | 3.45E-6       | 1.38%            |
| 单一途径致癌风险        | 1.45E-8     | 2.15E-4 | 3.46E-5 | 2.50E-4       |                  |
| 单一途径致癌风险<br>贡献率 | 0.01%       | 86.14%  | 13.85%  | 100.00%       |                  |

该厂区内污染土壤的非致癌风险的危害商是 2.66，高于可接受值 1。主要的非致癌风险来源是土壤中的砷，其中经口摄入的非致癌风险的危害商是 2.31，皮肤接触非致癌风险的危害商是 0.35；经口摄入的非致癌风险的贡献率是 87%，皮肤接触的非致癌风险

的贡献率是 13%。

#### (6) 明塑包装制品厂

明塑包装制品厂场区的累积致癌风险是  $1.37\text{E-}4$ ；主要关注污染物是苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽。

根据表 5.5-7 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 65.89%；其次为二苯并(a,h)蒽，贡献率为 15.08%；苯并(b)荧蒹的贡献率为 8.61%，苯并(a)蒽的贡献率为 6.07%；茚并(1,2,3-cd)芘的贡献率为 4.35%。

从单一暴露途径看，对致癌风险贡献率最高的暴露途径是经口摄入，贡献率是 67.64%；其次是皮肤接触，贡献率是 32.32%；最小的是呼吸接触，贡献率是 0.04%。

表 5.5-7 明塑包装制品厂厂区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<br>致癌风险    | 单一污染物致癌<br>风险贡献率 |
|-----------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                 | 呼吸接触              | 经口摄入             | 皮肤接触             |                  |                  |
| 苯并(a)蒽          | $8.25\text{E-}9$  | $5.61\text{E-}6$ | $2.67\text{E-}6$ | $8.29\text{E-}6$ | 6.07%            |
| 苯并(a)芘          | $3.19\text{E-}8$  | $6.10\text{E-}5$ | $2.90\text{E-}5$ | $9.00\text{E-}5$ | 65.89%           |
| 苯并(b)荧蒹         | $7.66\text{E-}9$  | $7.93\text{E-}6$ | $3.83\text{E-}6$ | $1.18\text{E-}5$ | 8.61%            |
| 二苯(a,h)并蒽       | $2.12\text{E-}9$  | $1.39\text{E-}5$ | $6.68\text{E-}6$ | $2.06\text{E-}5$ | 15.08%           |
| 茚并(1,2,3-cd)芘   | $4.99\text{E-}10$ | $3.99\text{E-}6$ | $1.95\text{E-}6$ | $5.94\text{E-}6$ | 4.35%            |
| 单一途径致癌风险        | $5.05\text{E-}8$  | $9.24\text{E-}5$ | $4.42\text{E-}5$ | $1.37\text{E-}4$ |                  |
| 单一途径致癌风险贡<br>献率 | 0.04%             | 67.64%           | 32.32%           | 100.00%          |                  |

从不同暴露途径的风险贡献率分析，本次调查的场地内，对致癌风险影响加大的暴露途径主要是经口摄入和皮肤接触；除首钢煤料堆场的苯污染点外，其余调查区域内的污染物呼吸接触对致癌风险的贡献率小于 0.05%。在后期的修复中，可以考虑通过控制污染物的暴露途径的方式，降低或消除土壤中污染物对人体的健康风险。

## 5.6 地下水风险评价

场地地下水砷、铜、氟二溴甲烷有检出，重金属铜、砷的检测浓度均小于《地下水质量标准》(GB/T 14848-93)的 III 类水质标准。由于氟二溴甲烷没有相关的标准，因

此将氟二溴甲烷作为目标污染物进行地下水污染风险分析计算。氟二溴甲烷暴露浓度采用检测值的最大浓度 0.00343mg/L。

为了最保守的估计地下对人体的健康风险，考虑的暴露途径主要包括：地下水污染物挥发至室内空气和室外空气，地下水饮用途径。

相关暴露参数采用表 5.3-1 中的场地风险评估模型参数及推荐值。

具体评价结果见表 5.6-1。

表 5.6-1 地下水风险评价结果

| 污染物   | 不同暴露途径的危害商 |        |        |
|-------|------------|--------|--------|
|       | 呼吸室外空气     | 呼吸室内空气 | 接触地下水  |
| 氟二溴甲烷 | 1.0E-8     | 9.1E-7 | 1.1E-3 |

计算结果表明地下水中氟二溴甲烷对人体的危害商为 1.1E-3，小于可接受值 1。

## 5.7 场地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  $1 \times 10^{-6}$ ，可接受危害商为 1，采用 RBCA 2.5 软件计算该场地具体的场地特征筛选值。根据前面的风险评价结论，结合场地未来用地类型，推算得到的场地土壤污染修复目标值如见表 5.7-1 所示。

表 5.7-1 场地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             | 0.3     |
| 苯并(a)蒽        | 0.4     |
| 苯并(a)芘        | 0.04    |
| 苯并(b)荧蒽       | 0.4     |
| 二苯并(a,h)蒽     | 0.04    |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 0.4     |
| 苯             | 0.24    |

## 5.8 风险评价不确定性分析

本次风险评价采用了《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011)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,这些参数与本次的特定类型场地可能存在一定的差异,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。这些参数可能对场地风险和修复目标值的计算存在影响。

## 5.9 小结

将调查区域的未来利用方式设定为居住用地,以各厂区关注污染物的最高检测浓度值作为暴露点浓度,分别对不同调查厂区进行风险评价。

根据风险计算结果,六个场区的致癌风险都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、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;

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和皮肤接触;除首钢煤堆料场的苯污染点外,对区域内污染物的呼吸接触对风险的贡献率小于  $0.05\%$ 。在后期的修复中,可以考虑通过控制污染物的暴露途径的方式,降低或消除土壤中污染物对人体的健康风险。

地下水中氟二溴甲烷对人体的危害商为  $1.1E-3$ ,小于可接受值 1。

## 6 场地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场地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场地案例等资料，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场地建议修复目标值。

本次调查的场地中，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，将场地土壤风险评价后的修复目标计算值与北京市风险筛选值、美国通用筛选值（SSLs）、美国区域筛选值进行综合比较，除砷和苯并(a)芘外，其余目标污染物修复目标计算值与北京市风险筛选值、美国通用筛选值（SSLs）标准、美国区域筛选值基本为同一数量级。

对于砷和苯并(a)芘，根据《中国土壤元素背景值》<sup>3</sup>，北京地区 A 层土壤中砷的算术平均值是 9.7mg/kg，最大顺序统计量值是 14.4mg/kg；根据相关文献资料<sup>4</sup>，北京市城区土壤中苯并(a)芘的平均值是 0.0936mg/kg；可见，北京城区土壤中砷以及苯并(a)芘的背景值高于本次调查场区中污染土壤的修复目标计算值。同时，《污染场地修复后土壤再利用环境评估导则》（DB11/T 1281-2015）中，砷的污染场地土壤再利用筛选值（一级）是 20mg/kg，苯并(a)芘的污染场地土壤再利用筛选值（一级）是 0.2mg/kg，与北京市土壤环境风险评价筛选值（居住用地）相同，根据该导则中的内容，若土壤中污染物含量低于一级再利用筛选值，则该土壤可在居住、工/商业区、垃圾填埋场区域再利用。

另外，北京市风险筛选值的制定是依据北京的实际情况，结合当时已有的环境标准，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，得出的风险筛选值，更符合北京的实际情况。

因此，原则上选用北京市土壤环境风险评价筛选值（居住用地）作为土壤污染建议修复目标值。

综上所述该场地污染建议修复目标值如表 6.1-1 所示。

<sup>3</sup>中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 中国环境科学出版.1990.

<sup>4</sup> Chi Pen, Weiping Chen, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in urban soils of Beijing: Status, sources, distribution and potential risk. Environmental Pollution [J].2011,159: 802-808.

表 6.1-1 场地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 | <sup>a</sup> 北京市风险筛选值 | <sup>b</sup> 美国联邦土壤筛选值 | 美国超级基金场地区域筛选值 | 建议修复目标值 |
|---------------|---------|-----------------------|------------------------|---------------|---------|
| 砷             | 0.3     | 20                    | 0.39                   | 0.68          | 20      |
| 苯并(a)蒽        | 0.4     | 0.5                   | 0.9                    | 0.2           | 0.5     |
| 苯并(a)芘        | 0.04    | 0.2                   | 0.09                   | 0.02          | 0.2     |
| 苯并(b)荧蒽       | 0.4     | 0.5                   | 0.9                    | 0.2           | 0.5     |
| 二苯并(a,h)蒽     | 0.04    | 0.05                  | 0.09                   | 0.02          | 0.05    |
| 茚并(1,2,3-cd)芘 | 0.4     | 0.2                   | 0.9                    | 0.2           | 0.4     |
| 苯             | 0.24    | 0.64                  | 1.1                    | 1.2           | 0.64    |

注：a、风险筛选值是指北京市土壤环境风险评价筛选值（居住用地）。

b、引用的国外筛选值是指居住用地情景下的经口暴露风险筛选值（最大暴露途径）。

## 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场地污染物分布范围。在污染物分布范围插值基础上，对照场地污染建议修复目标值，结合场区范围、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，最终确定场地土壤污染修复范围，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，原泥煤坑厂区后期经过填坑和平整，地势相对较为平整，高程为 79.26~80.18 米左右；首钢电机厂厂区内地势较为平整，平均高程为 77.5 米；首钢建设总公司古城基地内地势相对较低，平均高程为 76.7 米。三个场地间高程相差较大，根据现场情况，三个场地间相邻处直接由砖石垒砌，没有缓坡，在考虑划分污染范围时，以三个厂区间的围墙为自然边界进行划分。

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。

由于调查区域边界外土地使用权归个人所有，此次调查中多次协商均未能在场地周边外围区域取样调查，因此仅针对调查红线区域内进行了场地土壤污染范围的判断识别。

调查区域红线边界存在潜在污染的可能性，对污染调查造成一定的不确定性。建议在完成征地和拆迁后，若局部土壤出现异色异味时，可以适当进行土壤采样检测，保障场地用地安全。

不同类别污染物污染土壤的修复范围示意图 6.2-1 至 6.2-6。

场地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 6.2-7。根据不同深度修复面积的成图叠加，经计算，调查场区内土壤污染的修复面积约为 11.4 万平方米，修复土方量约为 198642 立方米。其中 PAH 修复土方量为 125536 立方米，As 修复土方量为 19678 立方米，PAHs 和 As 混合污染的土壤修复土方量为 53278 立方米，苯和 PAHs 混合污染土方量 150 立方米。

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 <sup>2</sup> ) | 修复土方量 (m <sup>3</sup> ) | PAHs 污染土方量 (m <sup>3</sup> ) | As 污染土方量 (m <sup>3</sup> ) | As 和 PAHs 混合污染土方量 (m <sup>3</sup> ) | 苯和 PAHs 混合污染土方量 (m <sup>3</sup> ) |
|---------|------|------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 第一层     | 0-1m | 103779                 | 103779                  | 48036                        | 14620                      | 40973                               | 150                               |
| 第二层     | 1-2m | 62159                  | 62159                   | 47428                        | 2977                       | 11754                               | ——                                |
| 第三层     | 2-3m | 17251                  | 17251                   | 15780                        | 920                        | 551                                 | ——                                |
| 第四层     | 3-4m | 8085                   | 8085                    | 7698                         | 387                        | ——                                  | ——                                |
| 第五层     | 4-5m | 6981                   | 6981                    | 6594                         | 387                        | ——                                  | ——                                |
| 第六层     | 5-6m | 387                    | 387                     | ——                           | 387                        | ——                                  | ——                                |
| 合计      |      |                        | 198642                  | 125536                       | 19678                      | 53278                               | 150                               |

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 <sup>2</sup> ) | 修复区域节点坐标                                                                                                                                                                                     |
|------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 11613                    | 483681.757,305497.033;483831.080,305559.610;<br>483925.098,305529.035;483910.093,305470.734;<br>483769.898,305504.977;483726.410,305467.670<br>483687.323 305474.031                         |
| 2    | 20102                    | 483913.337 305461.548 ;483926.166 305462.640<br>483939.920 305456.772 ;483941.366 305395.145<br>483668.815 305411.260 ;483656.075 305448.889<br>483669.969 305471.990 ;483687.323 305474.031 |

|    |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    |      | 483726.410 305467.670 ;483769.898 305504.977<br>483910.093 305470.734;                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| 3  | 2658 | 483910.093 305470.734 ;483955.627 305462.295<br>483971.656 305444.596 ;483999.372 305438.586<br>484001.887 305424.435 ;483941.366 305395.145<br>483939.920 305456.772 ;483913.337 305461.548                                                                                                                                                 |  |
| 4  | 2308 | 484018.506 305469.684 ;483962.894 305482.092<br>483959.310 305517.325 ;484034.209 305492.310                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 5  | 235  | 484117.610 305408.313 ;484108.937 305399.640<br>484117.610 305390.967 ;484126.283 305399.640                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 6  | 803  | 484041.291 305401.180 ;484041.289 305391.185<br>483991.154 305396.438 ;483997.555 305409.757                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 7  | 1273 | 484079.719 305377.282 ;484059.597 305373.270<br>484053.266 305327.690 ;484065.531 305275.107<br>484041.484 305284.859 ;484052.423 305378.009<br>484079.552 305384.229                                                                                                                                                                        |  |
| 8  | 1598 | 484065.531 305275.107 ;484053.266 305327.690<br>484064.757 305377.001 ;484072.672 305373.185<br>484072.832 305276.421                                                                                                                                                                                                                        |  |
| 9  | 7859 | 484133.825 305364.719 ;484184.743 305359.291<br>484185.881 305350.402 ;484167.893 305340.761<br>484166.422 305317.398 ;484160.271 305290.107<br>484168.898 305273.747 ;484162.687 305266.504<br>484084.836 305266.695 ;484077.706 305273.834<br>484087.212 305287.036 ;484088.200 305338.913<br>484084.961 305358.513                        |  |
| 10 | 1216 | 483883.326 305349.138 ;483893.562 305350.811<br>483918.794 305285.429 ;483899.078 305301.107<br>483893.363 305319.522 ;483884.261 305319.522<br>483908.172 305340.308                                                                                                                                                                        |  |
| 11 | 4186 | 483884.261 305319.522 ;483893.363 305319.522<br>483884.261 305319.522 ;483905.568 305289.992<br>483929.742 305275.563 ;483949.810 305275.310<br>483957.049 305233.008 ;483991.289 305230.727<br>483983.354 305222.049 ;483961.414 305221.414<br>483927.970 305243.639 ;483917.175 305244.062<br>483987.490 305227.552 ;483885.111 305228.618 |  |
| 12 | 1499 | 483929.964 305275.512 ;483949.543 305275.512<br>483956.422 305233.179 ;483991.082 305231.062<br>483918.794 305285.429 ;483960.304 305283.740                                                                                                                                                                                                 |  |
| 13 | 9302 | 483893.069 305319.845 ;483904.975 305290.476<br>483929.978 305276.189 ;483949.822 305274.601<br>483956.966 305233.723 ;483885.111 305228.618<br>483897.606 305227.540 ;483917.461 305243.998                                                                                                                                                 |  |

|    |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |        | 483928.497 305243.862 ;483961.499 305221.403<br>483989.476 305221.719 ;483991.289 305230.727                                                                                                                                                                                                                                                |
| 14 | 1675   | 484140.971 305232.190 ;484158.581 305222.470<br>484159.285 305177.905 ;484151.467 305173.245<br>484136.463 305176.743 ;484127.024 305218.901                                                                                                                                                                                                |
| 15 | 7647   | 484048.104 305082.235 ;484007.011 305115.067<br>484005.510 305149.351 ;484073.248 305151.138<br>484089.519 305159.383 ;484101.140 305152.789<br>484100.917 305136.772 ;484076.774 305123.139<br>484079.920 305099.208 ;484114.951 305084.799<br>484121.135 305069.147 ;484102.336 305041.460<br>484081.852 305042.214 484049.566 305064.847 |
| 16 | 1209   | 484048.504 305065.925 ;484020.453 305067.951<br>484008.195 305075.330 ;484007.011 305115.067<br>484048.104 305082.235 ;                                                                                                                                                                                                                     |
| 17 | 161    | 484006.996 305071.527 ;484014.178 305064.345<br>484008.243 305057.271 ;483999.813 305064.345                                                                                                                                                                                                                                                |
| 18 | 3418   | 484121.135 305069.147 ;484148.033 305075.315<br>484163.651 305090.943 ;484179.203 305053.382<br>484248.132 305107.406 ;484312.963 305047.544<br>484311.963 305041.260 ;484102.336 305041.460                                                                                                                                                |
| 19 | 17427  | 484169.109 305096.907 ;484200.388 305125.693<br>484225.039 305187.233 ;484241.741 305182.696<br>484312.046 305109.239 ;484168.510 305097.332<br>484260.500 305111.178 ;484287.708 305110.988<br>484312.937 305158.757 484415.193 305173.542<br>484439.487 305235.109 ;484475.229 305231.021<br>484473.556 305112.463                        |
| 20 | 7440   | 484179.203 305053.382 ;484163.651 305090.943<br>484247.815 305107.156 ;484311.817 305100.347<br>484311.817 305048.347                                                                                                                                                                                                                       |
| 21 | 150    | 483861.422 305497.863; 483868.83 305489.396;<br>483860.364 305484.104; 483855.072; 305491.513                                                                                                                                                                                                                                               |
| 合计 | 103779 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

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（m²） | 修复区域节点坐标                                                                                                                                     |
|------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 989        | 483682.290 305452.617 ;483705.411 305438.040<br>483698.709 305421.492 ;483689.581 305422.444<br>483679.583 305418.739 ;483669.810 305431.533 |

|    |       |                                                                                                |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                |
|----|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | 23145 | 483687.447<br>483820.541<br>483896.122<br>483816.731<br>483877.289<br>483908.480<br>483705.022 | 305501.435 ;483813.911<br>305536.066 ;483903.266<br>305467.723 ;483882.695<br>305474.939 ;483830.538<br>305442.285 ;483901.095<br>305396.798 ;483723.988<br>305429.665 ;483691.593 | 305553.883<br>305521.847<br>305461.383<br>305446.292<br>305455.006<br>305418.691<br>305466.099 |
| 3  | 3443  | 483901.095<br>483967.810<br>483908.480                                                         | 305455.006 ;483926.166<br>305407.324 ;483932.285<br>305396.798                                                                                                                     | 305462.640 ;<br>305392.436                                                                     |
| 4  | 2695  | 483956.842<br>484022.958<br>483953.055                                                         | 305518.675 ;484034.516<br>305471.910 ;483958.843<br>305506.639                                                                                                                     | 305493.123<br>305477.253                                                                       |
| 5  | 551   | 483990.915<br>484019.367<br>483993.226                                                         | 305406.992 ;484007.903<br>305402.510 ;484018.664<br>305389.741 ;483987.617                                                                                                         | 305409.079<br>305391.826<br>305399.304                                                         |
| 6  | 235   | 484138.894<br>484137.388                                                                       | 305444.826 ;484146.060<br>305427.612 ;484128.715                                                                                                                                   | 305436.285<br>305436.285                                                                       |
| 7  | 986   | 483883.326<br>483908.172<br>483883.122                                                         | 305349.138 ;483893.562<br>305340.308 ;483912.494<br>305307.300                                                                                                                     | 305350.811<br>305310.917                                                                       |
| 8  | 4023  | 483883.122<br>483924.630<br>483882.705                                                         | 305307.300 ;483912.494<br>305274.859 ;483956.159<br>305221.776                                                                                                                     | 305310.917<br>305233.219                                                                       |
| 9  | 833   | 483924.584<br>483963.570<br>483954.182                                                         | 305275.049 ;483959.474<br>305258.738 ;483961.289<br>305235.311                                                                                                                     | 305271.289<br>305244.798                                                                       |
| 10 | 8638  | 483956.159<br>484008.657<br>484061.753<br>484051.643<br>483885.790                             | 305233.219 ;483965.580<br>305232.517 ;484035.504<br>305214.234 ;484063.885<br>305176.991 ;483885.790<br>305222.194                                                                 | 305223.250<br>305230.914<br>305203.002<br>305200.498                                           |
| 11 | 513   | 484037.559<br>484057.165<br>484034.333                                                         | 305299.817 ;484058.405<br>305281.254 ;484040.651<br>305287.838                                                                                                                     | 305296.615<br>305278.422                                                                       |
| 12 | 382   | 484153.300<br>484153.300                                                                       | 305334.058 ;484164.358<br>305311.942 ;484142.242                                                                                                                                   | 305323.000<br>305323.000                                                                       |
| 13 | 521   | 484237.432<br>484209.305                                                                       | 305280.579 ;484240.350<br>305266.100 ;484210.335                                                                                                                                   | 305265.948<br>305282.385                                                                       |
| 14 | 535   | 484091.809<br>484091.809                                                                       | 305224.820 ;484104.895<br>305198.648 ;484078.723                                                                                                                                   | 305211.734 ;<br>305211.734 ;                                                                   |
| 15 | 790   | 484038.148<br>484036.478<br>484019.523                                                         | 305156.573 ;484049.686<br>305120.596 ;484027.563<br>305127.417 ;484023.798                                                                                                         | 305148.243 ;<br>305118.667<br>305151.727                                                       |

|    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | 1756         | 484049.686 305148.243 ;484065.109 305135.876<br>484070.619 305093.300 ;484050.532 305084.115<br>484027.563 305118.667 ;484036.364 305121.086                                                                                                                                                 |
| 17 | 370          | 484151.300 305117.881 ;484162.181 305107.000<br>484151.300 305096.119 ;484140.419 305107.000                                                                                                                                                                                                 |
| 18 | 1113         | 484124.963 305066.884 ;484156.103 305074.134<br>484165.366 305068.195 ;484168.873 305054.471<br>484157.543 305043.874 ;484127.707 305044.871                                                                                                                                                 |
| 19 | 6520         | 484222.678 305169.829 ;484241.544 305155.341<br>484274.800 305158.718 ;484294.552 305166.039<br>484324.237 305154.266 ;484330.539 305110.456<br>484312.453 305110.130 ;484312.393 305104.537<br>484268.804 305100.501 ;484239.273 305121.443<br>484200.336 305099.425 ;484189.895 305109.253 |
| 20 | 1958         | 484312.393 305104.537 ;484311.870 305055.604<br>484279.301 305054.494 ;484271.667 305058.701<br>484268.804 305100.501                                                                                                                                                                        |
| 21 | 2163         | 484382.624 305149.765 ;484431.106 305152.575<br>484436.046 305120.368 ;484380.190 305117.152<br>484374.538 305135.124                                                                                                                                                                        |
| 合计 | <b>62159</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

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（m²） | 修复区域节点坐标                                                                                                                                                              |
|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2449       | 483735.660 305519.484 ;483748.164 305499.079<br>483742.577 305475.810 ;483726.944 305464.451<br>483698.903 305468.892 ;483687.545 305484.526<br>483686.399 305499.079 |
| 2    | 1926       | 483878.761 305519.007 ;483889.192 305493.657<br>483878.434 305477.330 ;483870.843 305475.992<br>483842.423 305483.572 ;483837.166 305498.535<br>483840.623 305516.129 |
| 3    | 920        | 483923.801 305457.703 ;483940.961 305440.543<br>483923.801 305423.384 ;483906.641 305440.543                                                                          |
| 4    | 551        | 483990.915 305406.992 ;484007.903 305409.079<br>484019.367 305402.510 ;484018.664 305391.826<br>483993.226 305389.741 ;483987.617 305399.304                          |
| 5    | 503        | 484067.745 305447.645 ;484080.438 305434.952<br>484067.745 305422.259 ;484055.052 305434.952                                                                          |
| 6    | 218        | 484083.300 305363.357 ;484091.657 305355.000<br>484083.300 305346.643 ;484074.943 305355.000                                                                          |

|    |       |            |                        |            |
|----|-------|------------|------------------------|------------|
| 7  | 382   | 484153.300 | 305334.058 ;484164.358 | 305323.000 |
|    |       | 484153.300 | 305311.942 ;484142.242 | 305323.000 |
| 8  | 1383  | 484176.300 | 305189.986 ;484197.286 | 305169.000 |
|    |       | 484176.300 | 305148.014 ;484155.314 | 305169.000 |
| 9  | 8919  | 484277.537 | 305224.119 ;484286.523 | 305215.487 |
|    |       | 484297.688 | 305169.483 ;484363.720 | 305163.291 |
|    |       | 484373.603 | 305123.040 ;484358.562 | 305112.586 |
|    |       | 484231.040 | 305124.306 ;484219.018 | 305138.582 |
|    |       | 484224.278 | 305147.097 ;484250.446 | 305150.328 |
|    |       | 484258.682 | 305218.394             |            |
| 合计 | 17251 |            |                        |            |

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（m²）  | 修复区域节点坐标   |                        |            |
|------|-------------|------------|------------------------|------------|
| 1    | 1317        | 483862.871 | 305511.192 ;483883.404 | 305490.659 |
|      |             | 483862.871 | 305470.126 483842.338  | 305490.659 |
| 2    | 387         | 483986.686 | 305472.165 ;483997.824 | 305461.026 |
|      |             | 483986.686 | 305449.888 ;483975.548 | 305461.026 |
| 3    | 1383        | 484176.300 | 305189.986 ;484197.286 | 305169.000 |
|      |             | 484176.300 | 305148.014 ;484155.314 | 305169.000 |
| 4    | 4998        | 484277.887 | 305160.388 ;484363.063 | 305159.413 |
|      |             | 484373.166 | 305116.617 ;484270.007 | 305117.312 |
| 合计   | <b>8085</b> |            |                        |            |

表 6.2-6 污染土壤第五层修复范围信息表（修复深度 4-5m）

| 修复区域 | 修复区域面积（m²）  | 修复区域节点坐标   |                        |            |
|------|-------------|------------|------------------------|------------|
| 1    | 1596        | 483776.020 | 305502.078 ;483798.618 | 305479.480 |
|      |             | 483776.020 | 305456.882 ;483753.422 | 305479.480 |
| 2    | 387         | 483986.686 | 305472.165 ;483997.824 | 305461.026 |
|      |             | 483986.686 | 305449.888 ;483975.548 | 305461.026 |
| 3    | 4998        | 484277.887 | 305160.388 ;484363.063 | 305159.413 |
|      |             | 484373.166 | 305116.617 ;484270.007 | 305117.312 |
| 合计   | <b>6981</b> |            |                        |            |

表 6.2-7 污染土壤第六层修复范围信息表（修复深度 5-6m）

| 修复区域 | 修复区域面积（m²） | 修复区域节点坐标 |  |  |
|------|------------|----------|--|--|
|------|------------|----------|--|--|

|    |            |                                                                                                          |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 387        | 483986.686    305472.165 ;483997.824    305461.026<br>483986.686    305449.888 ;483975.548    305461.026 |
| 合计 | <b>387</b> |                                                                                                          |

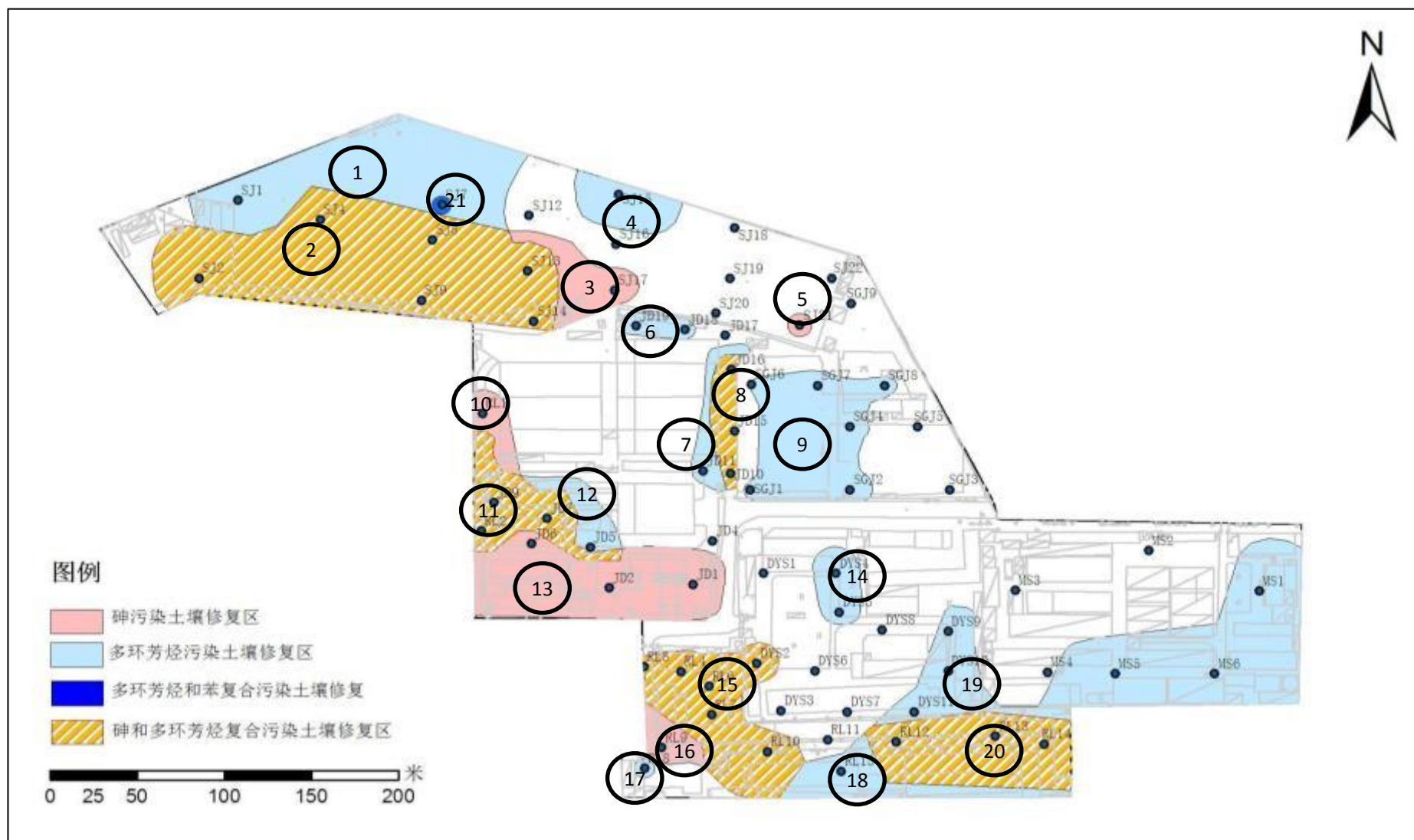


图 6.2-1 污染土壤第一层(0-1m)修复范围示意图

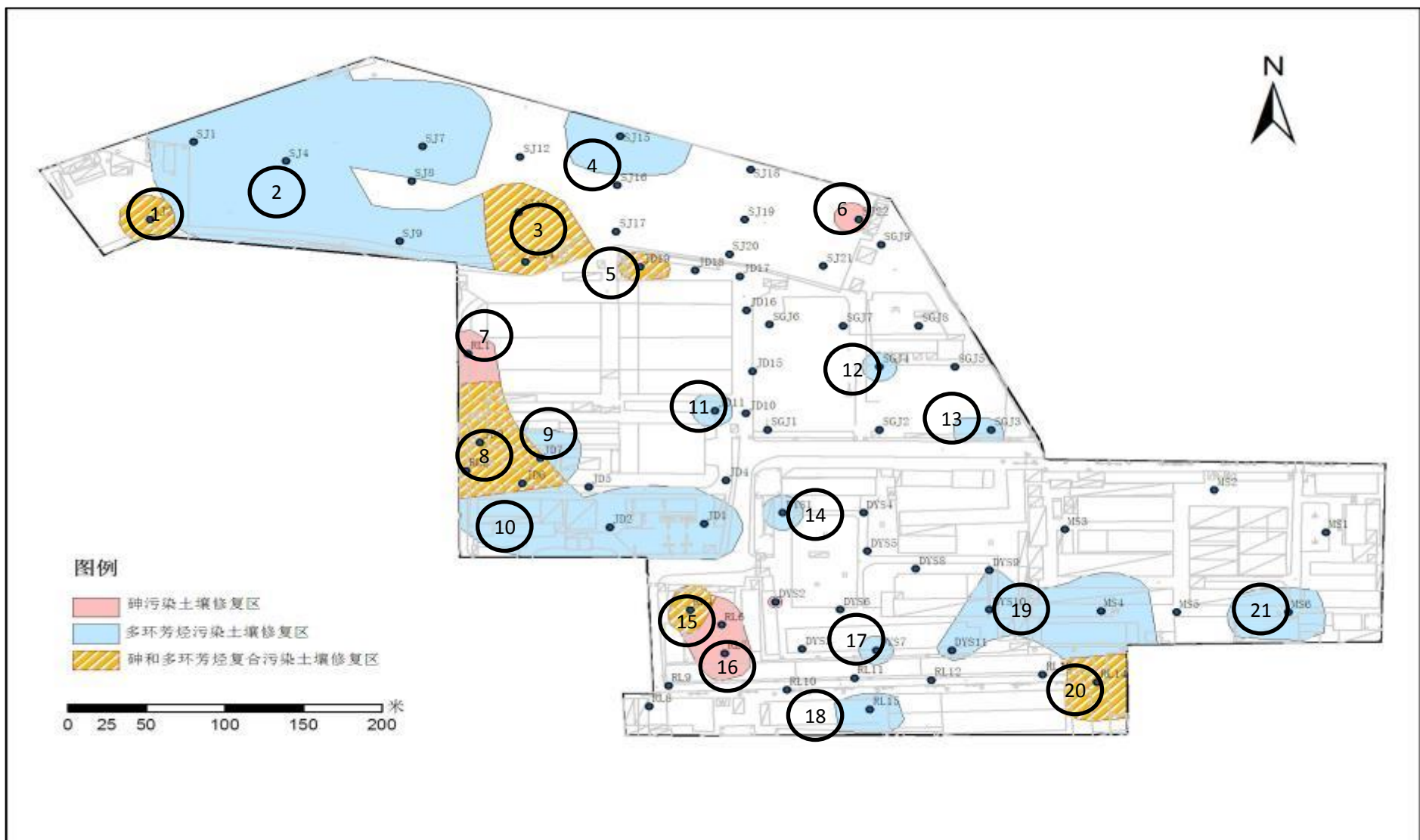


图 6.2-2 污染土壤第二层(1-2m)修复范围示意图

**图例**

- 砷污染土壤修复区 (Red shaded area)
- 多环芳烃污染土壤修复区 (Blue shaded area)
- 砷和多环芳烃复合污染土壤修复区 (Yellow shaded area)

0 25 50 100 150 200 米

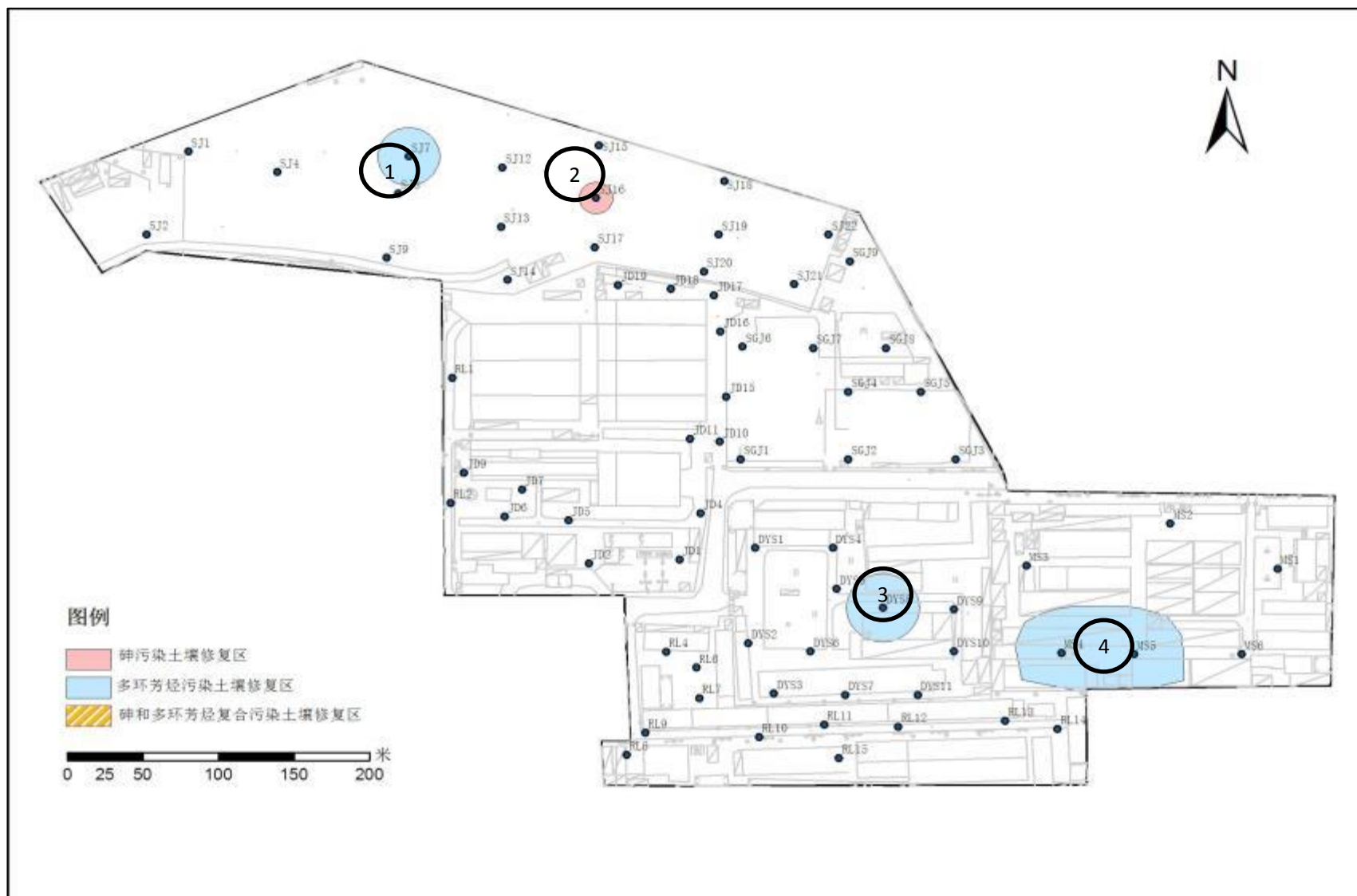


图 6.2-4 污染土壤第四层(3-4m)修复范围示意图

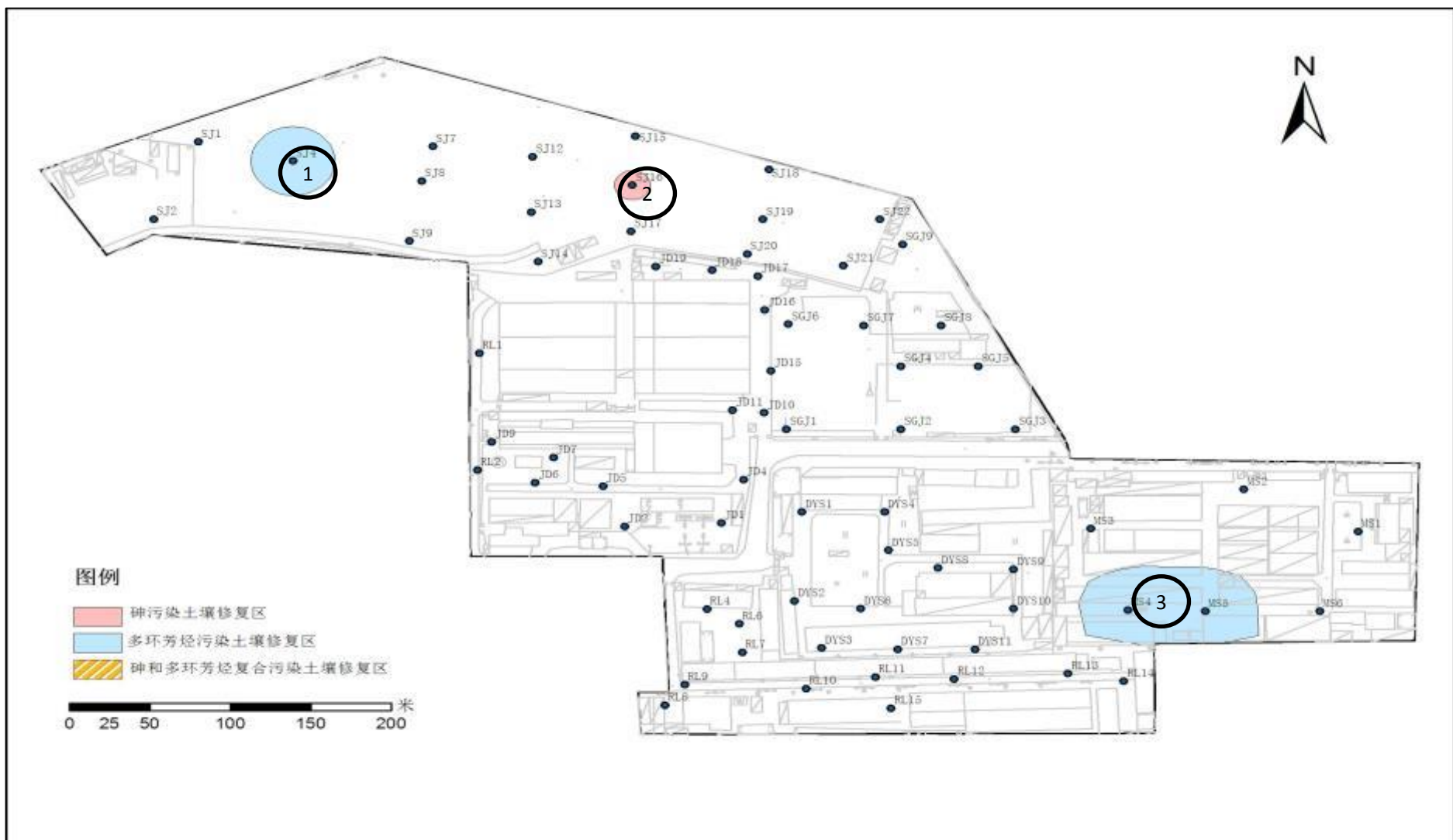


图 6.2-5 污染土壤第五层(4-5m)修复范围示意图



图 6.2-6 污染土壤第六层(5-6m)修复范围示意图

## 7 调查总报告结论及建议

### 7.1 结论

1、按照北京市环保局《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)，对项目中涉及到的首钢煤料堆场、首钢电机厂、首钢建设总公司古城基地、北京第一低压电器有限责任公司、首钢热力众达换热设备公司、明塑料包装制品厂等原厂区组织开展场地调查评估，项目场地评价范围约 19.86 万平米。

2、通过网格布点和判断布点方法对北辛安棚户区改造项目所涉及的六个场区地进行采样调查，共布设土壤采样点 71 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、本次调查土壤样品中主要的超标 SVOC 物质是苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、菲、茚并(1,2,3-cd)芘。二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)花等。

5、调查中土壤中重金属类主要超标物质是砷。检测样品中有 39 个样品中的砷浓度超过 DB11/T 811-2011 住宅用地情景筛选值，超标样品主要分布在首钢煤堆料场，首钢电机厂，首钢热力众达换热设备公司，北京第一低压电器有限责任公司四个场区。

6、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、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。

7、地下水中重金属砷、铜有检出，检出浓度低于《地下水质量标准》(GB/T 14848-93)的 III 类水质标准。

8、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和皮肤接触。

9、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；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、苯的修复目标值分别是 0.5mg/kg、0.2 mg/kg、0.5 mg/kg、0.05 mg/kg、0.4 mg/kg、0.64 mg/kg。

10、调查场地总的修复面积为 11.4 万平方米，修复土方量为 19.8642 万立方米。其中 PAHs 污染土方量为 125536 万立方米，As 污染土方量为 19678 立方米，PAHs 和 As 混合污染土方量为 53278 立方米，PAHs 和苯混合污染土方量为 150 立方米。

## 7.2 不确定性分析

1、该调查区域部分厂区工业生产历史久远，期间生产工艺多次变化，场地原环保措施实施情况不易掌握，场地的污染状况具有一定的不确定性。

2、现场调查的过程中，由于地表建筑比较密集，对现场定点采样造成一定困难和不确定性。

3、该调查区域部分厂区，存在多处拆迁改扩建等活动，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。

4、由于该场地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。

5、由于调查区域边界外土地使用权归个人所有，调查区域红线边界可能存在潜在污染，对污染调查结果造成一定的不确定性。

## 7.3 建议

建议该场地在开发利用之前，进行场地污染土壤修复。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。

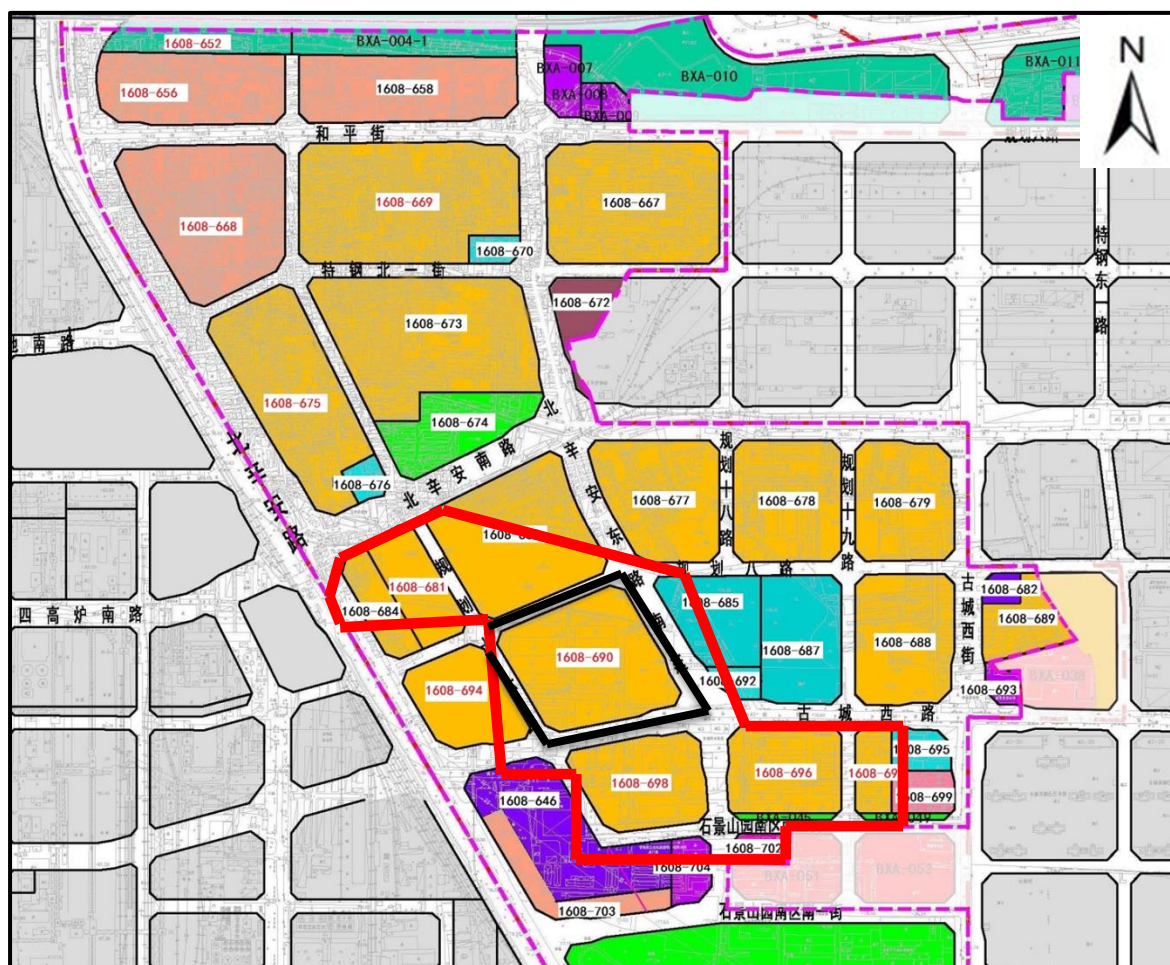
建议现场拆迁过程中，若局部土壤出现异色异味时，可以适当进行土壤采样检测，保障场地用地安全。

建议在场地开发前，相关业主应聘请具有污染土壤修复经验的单位，依据场地调查报告和场地修复技术方案编制场地污染施工治理方案，场地修复过程中，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。

## 8 690 地块详细概述

### 8.1 690 地块地理位置及评价范围

本项目评价范围可按区域开发划分为 17 个地块，其中，690 地块基本处于整体地块的中间位置，占地面积约 49586.389 平方米，主要占用首钢电机厂及首钢建设总公司古城基地两个厂区部分用地，该地块四至东侧临 685 地块及 692 地块，南侧临 698 地块，西侧临 694 地块，北侧临 680 地块，具体如图 8.1-1 所示。



### 8.2 690 地块修复范围

根据本项目场地修复目标和修复范围章节，690 地块的主要污染物为多环芳烃及重金属砷，经核算，第一层污染土壤修复面积为 16269.55 平方米，污染土壤修复土方量为 16269.55 立方米，第二层污染土壤修复面积为 4665.197 平方米，污染土壤修复土方量为 4665.197 立方米，第三层污染土壤修复面积为 1651.34

平方米，污染土壤修复土方量为 1651.34 立方米，690 地块总污染土修复面积为 22586.09 平方米，修复土方量为 22586.09 立方米。污染土壤修复面积及修复土方量见表 8.2-1，不同深度的污染土壤修复面积见表 8.2-2 至 8.2-4。修复示意图见图 8.2-1 至 8.2-3。

表 8.2-1 污染土壤修复范围信息表

|           |                | 第一层<br>0-1m | 第二层<br>1-2m | 第三层<br>2-3m | 第四层<br>3-4m | 第五层<br>4-5m | 第六层<br>5-6m | 合计       |
|-----------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| 690<br>地块 | 修复面积<br>(平方米)  | 16269.55    | 4665.197    | 1651.34     | 0           | 0           | 0           | 22586.09 |
|           | 修复土方量<br>(立方米) | 16269.55    | 4665.197    | 1651.34     | 0           | 0           | 0           | 22586.09 |

表 8.2-2 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 <sup>2</sup> ) | 修复区域节点坐标                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 320.651                  | 483908.398, 305399.053; 483944.514, 305414.223<br>483941.366, 305395.145; 483908.397, 305399.052                                                                                                                                                                                  |
| 2    | 1012.645                 | 484000.106, 305437.576; 484002.043, 305434.912<br>484003.223, 305429.110; 484001.887, 305424.435<br>483999.549, 305421.430; 483995.542, 305417.757<br>483987.410, 305415.563; 483941.366, 305395.145<br>483944.514, 305414.223; 483962.548, 305421.799<br>484000.106, 305437.576  |
| 3    | 803.710                  | 484037.368, 305403.684; 484041.291, 305401.180<br>484043.265, 305398.220; 484043.179, 305394.230<br>484042.518, 305392.837; 484041.289, 305391.185<br>484037.202, 305389.093; 484033.610, 305388.677<br>483997.465, 305392.565; 483995.313, 305392.756,<br>483993.545, 305393.473 |
| 4    | 806.688                  | 483918.229, 305285.623; 483883.390, 305344.777<br>483883.326, 305349.138; 483893.562, 305350.811<br>483900.658, 305348.072; 483908.172, 305340.308<br>483918.794, 305285.429                                                                                                      |
| 5    | 1197.384                 | 483952.409, 305227.589; 483918.229, 305285.623<br>483918.794, 305285.429; 483929.742, 305275.563<br>483949.810, 305275.310; 483959.569, 305257.061<br>483959.068, 305248.796; 483957.049, 305233.008<br>483971.487, 305228.203; 483991.289, 305230.727<br>483989.476, 305221.719  |
| 6    | 1499.723                 | 483991.289, 305230.727; 483971.487, 305228.203<br>483957.049, 305233.008; 483959.068, 305248.796                                                                                                                                                                                  |

|    |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |          | 483959.569, 305257.061; 483949.810, 305275.310<br>483929.742, 305275.563; 483918.794, 305285.429<br>483934.484, 305284.589; 483948.130, 305284.861<br>483960.304, 305283.740                                                                                                     |
| 7  | 495.333  | 484041.658, 305230.233; 484035.455, 305231.015<br>484008.657, 305232.517; 483991.289, 305230.727<br>483989.476, 305221.719; 483961.499, 305221.403<br>483952.409, 305227.589; 483960.344, 305214.115                                                                             |
| 8  | 1273.104 | 484079.719, 305377.282; 484064.757, 305377.001<br>484059.597, 305373.270; 484055.248, 305360.063<br>484053.933, 305343.571; 484053.266, 305327.690<br>484055.519, 305308.719; 484059.737, 305297.084<br>484065.531, 305275.107; 484062.276, 305274.521<br>484056.758, 305275.112 |
| 9  | 1598.205 | 484065.531, 305275.107; 484059.737, 305297.084<br>484055.519, 305308.719; 484053.266, 305327.690<br>484053.933, 305343.571; 484055.248, 305360.063<br>484059.597, 305373.270; 484064.757, 305377.001<br>484079.719, 305377.282; 484072.672, 305373.185<br>484072.508, 305357.616 |
| 10 | 153.277  | 484123.662, 305393.474; 484123.185, 305392.996<br>484121.946, 305392.129; 484120.576, 305391.490<br>484119.116, 305391.099; 484117.610, 305390.967<br>484116.104, 305391.099; 484114.644, 305391.490<br>484113.274, 305392.129; 484112.035, 305392.996<br>484110.966, 305394.065 |
| 11 | 7108.825 | 484166.422, 305317.398; 484163.521, 305314.589<br>484161.328, 305308.631; 484158.803, 305301.169<br>484160.271, 305290.107; 484167.053, 305283.890<br>484168.603, 305281.037; 484169.281, 305277.828<br>484168.898, 305273.747; 484167.939, 305270.226<br>484165.800, 305267.685 |
| 合计 | 16269.55 |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

表 8.2-3 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 <sup>2</sup> ) | 修复区域节点坐标                                                                                                                                                                                             |
|------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 3.738                    | 483907.954, 305398.866; 483908.480, 305396.798<br>483904.687, 305397.493                                                                                                                             |
| 2    | 774.250                  | 483962.548, 305421.799; 483967.810, 305407.324<br>483932.285, 305392.436; 483908.480, 305396.798<br>483907.954, 305398.866; 483908.397, 305399.052<br>483944.514, 305414.223; 483962.548, 305421.799 |

|    |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | 627.690  | 483903.079, 305311.348; 483883.305, 305344.922<br>483883.326, 305349.138; 483893.562, 305350.811<br>483908.172, 305340.308; 483912.494, 305310.917                                                                                                                               |
| 4  | 260.919  | 483949.687, 305232.211; 483903.079, 305311.348<br>483912.494, 305310.917; 483913.644, 305303.093<br>483918.794, 305285.429; 483924.630, 305274.859<br>483954.182, 305235.311; 483956.159, 305233.219                                                                             |
| 5  | 833.972  | 483954.182, 305235.311; 483924.630, 305274.859<br>483936.859, 305275.473; 483946.718, 305274.384<br>483959.474, 305271.289; 483963.341, 305264.100<br>483963.570, 305258.738; 483962.857, 305252.874<br>483961.289, 305244.798                                                   |
| 6  | 722.209  | 484038.015, 305229.511; 483960.344, 305214.115<br>483952.409, 305227.589; 483949.687, 305232.211<br>483956.159, 305233.219; 483965.580, 305223.250<br>483984.865, 305230.013; 483996.135, 305231.265<br>484008.657, 305232.517; 484035.504, 305230.914                           |
| 7  | 513.339  | 484058.405, 305296.615; 484058.940, 305294.680<br>484059.538, 305292.514; 484059.062, 305284.404<br>484057.165, 305281.254; 484051.790, 305278.289<br>484048.870, 305277.570; 484045.589, 305277.625<br>484040.651, 305278.422; 484037.984, 305280.832<br>484035.788, 305283.689 |
| 8  | 377.702  | 484164.216, 305324.615; 484164.357, 305323.000<br>484164.189, 305321.080; 484163.690, 305319.218<br>484162.876, 305317.471; 484161.770, 305315.893<br>484160.407, 305314.530; 484158.828, 305313.424<br>484157.082, 305312.610; 484155.220, 305312.111<br>484153.300, 305311.943 |
| 9  | 551.738  | 484014.483, 305390.268; 484001.229, 305388.745<br>483993.226, 305389.741; 483989.975, 305391.973<br>483988.318, 305394.650; 483987.617, 305399.304<br>483988.063, 305401.981; 483990.915, 305406.992<br>483996.540, 305410.072; 484002.843, 305410.006<br>484007.903, 305409.079 |
| 合计 | 4665.197 |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

表 8.2-4 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 <sup>2</sup> ） | 修复区域节点坐标                                                                                         |
|------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 551.738                 | 484014.483, 305390.268; 484001.229, 305388.745<br>483993.226, 305389.741; 483989.975, 305391.973 |

|    |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |         | 483988.318, 305394.650; 483987.617, 305399.304<br>483988.063, 305401.981; 483990.915, 305406.992<br>483996.540, 305410.072; 484002.843, 305410.006<br>484007.903, 305409.079                                                                                                     |
| 2  | 503.583 | 484067.745, 305447.645; 484069.949, 305447.452<br>484072.087, 305446.880; 484074.092, 305445.945<br>484075.904, 305444.676; 484077.469, 305443.111<br>484078.738, 305441.299; 484079.673, 305439.293<br>484080.245, 305437.156; 484080.438, 305434.952<br>484080.245, 305432.748 |
| 3  | 218.317 | 484083.300, 305363.357; 484084.751, 305363.230<br>484086.158, 305362.853; 484087.479, 305362.238<br>484088.672, 305361.402; 484089.702, 305360.372<br>484090.538, 305359.179; 484091.153, 305357.858<br>484091.530, 305356.451; 484091.657, 305355.000<br>484091.530, 305353.549 |
| 4  | 377.702 | 484164.216, 305324.615; 484164.357, 305323.000<br>484164.189, 305321.080; 484163.690, 305319.218<br>484162.876, 305317.471; 484161.770, 305315.893<br>484160.407, 305314.530; 484158.828, 305313.424<br>484157.082, 305312.610; 484155.220, 305312.111<br>484153.300, 305311.943 |
| 合计 | 1651.34 |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



图 8.2-1 污染土第一层 (0-1m) 修复示意图

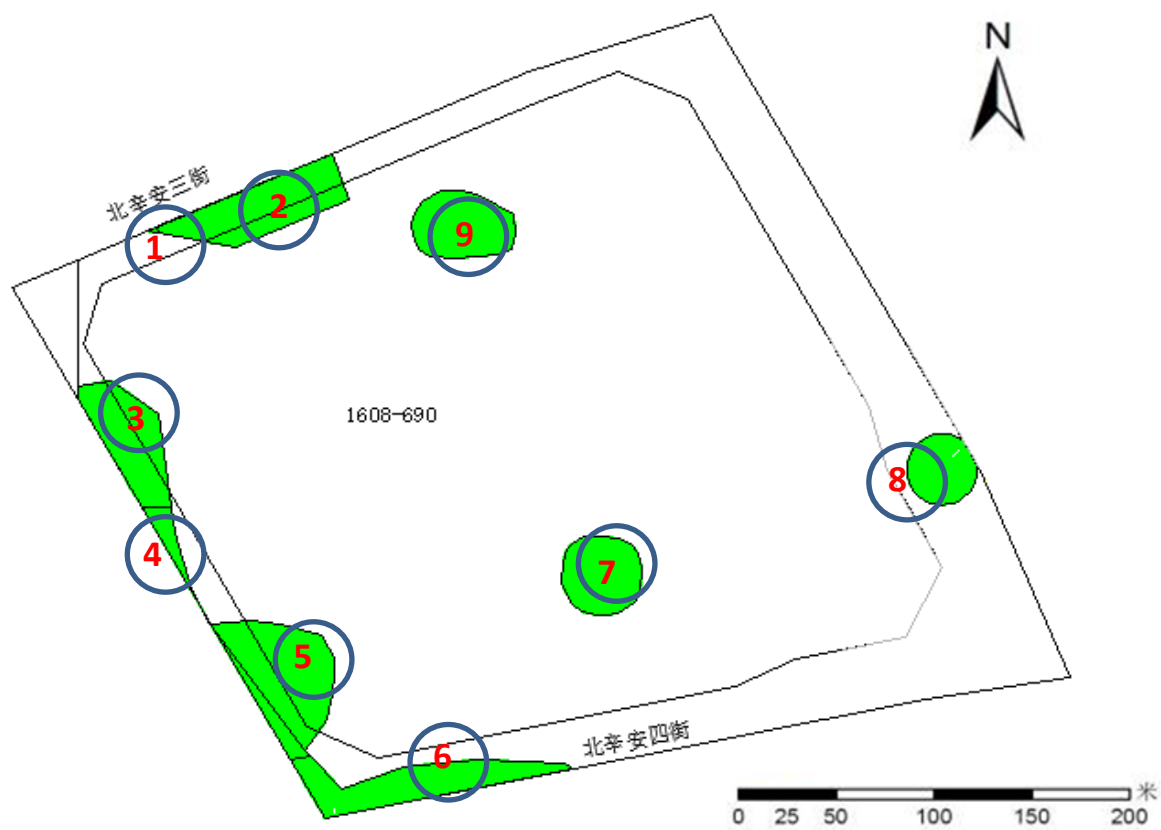


图 8.2-2 污染土第二层（1-2m）修复示意图

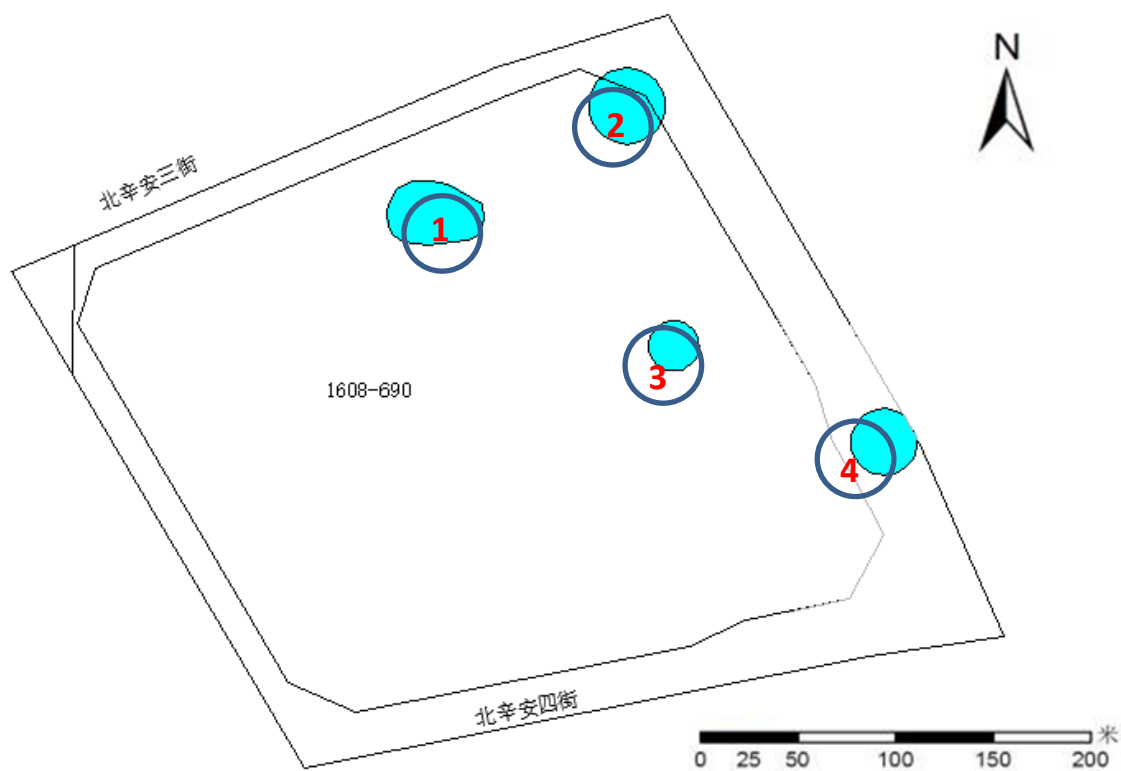


图 8.2-3 污染土第三层（2-3m）修复示意图

## 9 附件

附件 1：相关文件资料

附件 2：土壤采样现场记录表

附件 3：采样钻孔地质剖面图

附件 4：土壤样品检测报告

附件 5：地下水样品检测报告