

北京路冠沥青制品有限公司污染地块  
修复效果评估报告

(公示稿)

委托单位：北京市政路桥集团有限公司

编制单位：北京市环境保护科学研究院

2020年1月17日

项目名称：北京路冠沥青制品有限公司污染地块修复  
效果评估报告

建设单位：北京市政路桥集团有限公司

报送单位：北京市政路桥集团有限公司

评估单位：北京市环境保护科学研究院

项目负责人：钟茂生

报告编制人：钟茂生 韩丹 赵莹 张平 张瑞环

报告审核人：姜 林

时 间：2019年1月17日

## 目 录

1. 项目概况.....	1
1.1. 项目背景.....	1
1.2. 项目基本信息.....	1
1.3. 工作范围与内容.....	2
2. 编制依据.....	5
2.1. 法律法规.....	5
2.2. 标准规范.....	5
2.3. 技术文件.....	5
3. 地块概况.....	6
3.1. 地理位置.....	6
3.2. 周边环境现状.....	7
3.3. 用地历史与规划.....	7
3.4. 地块水文地质条件.....	7
3.4.1. 地层分布.....	7
3.4.2. 地下水分布.....	8
3.4.3. 地下水补、径、排条件.....	10
4. 污染调查与风险评估.....	10
4.1. 污染调查.....	10
4.2. 风险评估.....	11
4.3. 修复目标及工程量.....	12
5. 污染修复.....	13
5.1. 修复方案.....	13
5.2. 修复工程实施.....	14
5.3. 修复过程环境监理.....	14
6. 修复效果评估.....	16
6.1. 工作量汇总.....	16
6.2. 结论.....	16
6.2.1. 修复工程实施.....	16

6.2.2.	修复过程污染防治.....	17
6.2.3.	修复效果.....	17

# 1. 项目概况

## 1.1. 项目背景

北京路冠沥青制品有限公司隶属于北京市政路桥集团有限公司，位于北京市平谷区马昌营镇官庄道口（东 200 米路南），于 1965 年建成投产，主要生产沥青混凝土、乳化沥青，原辅材料包括沥青、燃料油、柴油、抗车辙剂、砂石料、矿粉、乳化剂等，各项生产活动于 2015 年 10 月停产。根据北京市政路桥集团有限公司的企业发展战略及北京市相关政策，公司拟将北京路冠沥青制品有限公司场地开发自住型商品房项目。

根据原国家环保部《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环办〔2004〕47 号）、《关于加强土壤污染防治工作的意见》（环发〔2008〕48 号）、《关于加强工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140 号）、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）、《污染地块土壤环境管理办法》（部令 第 42 号）、北京市人民政府印发《北京市土壤污染防治工作方案》（京政发〔2016〕63 号）、《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日实施）等法律法规及管理辦法的要求，地块使用权人北京市政路桥集团有限公司于 2016 年 10 月委托北京市勘察设计研究院有限公司负责开展北京路冠沥青制品有限公司地块土壤污染状况调查与风险评估工作，成果报告于 2018 年 5 月 29 日通过专家评审会并进行了备案。

依据风险评估结论，2018 年 9 月，北京市政路桥集团有限公司委托北京市市政四建设工程有限公司承担该场地的土壤与地下水的修复工作，并于 2019 年 3 月通过自检监测确认修复合格后，报请北京市政路桥集团有限公司组织开展修复效果评估工作。

依据《污染地块土壤环境管理办法》、《中华人民共和国土壤污染防治法》等文件要求，土地使用权人北京市政路桥集团有限公司通过公开招投标的方式委托北京市环境保护科学研究院针对该地块土壤和地下水的修复效果开展评估。结合项目整体进度及修复运行自检数据，整个项目修复效果评估的布点采样工作于 2019 年 3 月 20 日开始，2019 年 12 月 5 日结束，于 2019 年 12 月 12 日完成修复效果评估报告的编制，2020 年 1 月 3 日成果报告通过相关主管部门组织的专家评审。

## 1.2. 项目基本信息

项目名称：北京路冠沥青制品有限公司地块修复工程

土地使用权人：北京市政路桥集团有限公司

建设单位：北京市政路桥集团有限公司

施工单位：北京市市政四建设工程有限公司

技术支持：北京市勘察设计研究院有限公司

环境监理：北京华夏博信环境咨询有限公司

工程监理：北京磐石建设监理有限责任公司

修复效果评估单位：北京市环境保护科学研究院

土地使用历史：1965 年之前为农田，1965-2015 年为北京路冠沥青制品有限公司生产用地

用地规划：居住

地块污染状况调查与风险评估：2016 年 10 月至 2018 年 5 月

修复技术现场中试与修复实施方案编制：2018 年 9 月至 2018 年 11 月

修复工程实施：2018 年 12 至 2019 年 3 月

修复效果自检：2019 年 3 月初完成土壤修复效果自检，分别于 2019 年 1 月 7、2 月 16 及 2 月 27 开展了连续 3 次地下水修复效果运行监测（自检）

修复效果评估：2019 年 3 月至 2019 年 12 月

### 1.3. 工作范围与内容

根据前期的地块污染状况调查与风险评估报告及修复工程实施方案的要求，本项目地块涉及土壤修复的面积约为 21032.5 m<sup>2</sup>，涉及地下水修复面积约 25657.4 m<sup>2</sup>，最大修复深度 11 m，具体范围如图 1-1 所示。

因此，本次修复效果评估主要针对风险评估报告及修复工程实施方案中明确需要进行修复的土壤和地下水，通过布点采样及数据分析等手段，评估其是否达到前期既定的修复目标，以及未来地块能否作为居住用地进行安全再开发利用，并结合评估结果制定详细的长期环境监管建议。具体的工作内容包括：

**(1) 资料收集分析：**在场地修复效果评估工作开展前，收集与地块污染和地块修复相关的资料，对收集的资料进行整理和分析，并通过与地块责任人、修复施工负责人、监理人员等进行沟通和访谈，明确修复效果评估的关键因素。修复效果评估机构应根据专业知识和经验识别资料的有效性，并根据需要对资料进行深入研究和了解。

具体收集的资料清单主要包括：1) 地块环境调查与评估报告；2) 地块水文地质勘察报告；3) 地块修复技术方案；4) 地块修复工程施工组织设计实施方案；5) 修复运行过程中运行监测数据；6) 地块修复过程工程监理报告及相关资料；7) 地块修复过程环境监理报告及相关资料；8) 相关合同协议（如委托处理污染土壤的相关文件和合同、实施方案变更协议等）；9) 其它文件（环境管理组织机构、地块规划变更等）。

具体分析的数据及内容包括：修复工程实施前地块范围内的污染空间分布、水文地质条件、整个修复过程中地下水流场、氧化药剂的分布及变化情况、修复工程实施过程中设施运行效果自检监测数据、修复实施后土壤和地下水残留污染监测数据、环境监理的相关监测数据。

**(2) 现场踏勘：**污染地块修复效果评估机构应开展现场踏勘工作，了解污染地块修复实施相关情况，包括核实现场状况与资料文件相符性、修复设施运行情况、污染土壤有无暂存及暂存区情况、场地内临时道路、修复工程施工进度、修复施工管理情况等。调查人员可通过摄影、拍照、文字记录等方式，记录场地勘察情况。

**(3) 场地概念模型更新：**修复工程实施过程中，因地块污染空间分布、水文地质条件等空间变异性因素，修复区域目标污染物的去除效果可能存在差异。因此，修复效果评估工作开展前，需对修复后地块的概念模型进行更新。

本项目场地修复后概念模型的更新，需综合前期污染调查与风险评估的数据为基础，结合修复单位施工设计阶段补充获取的污染数据和水文地质参数信息以及修复实施过程中的运行监测数据，构建原位修复区域修复工程实施后的概念模型，明确修复区域内污染物的残留空间分布、修复过程中的迁移传输机制，为后续效果评估布点采样方案的制定提供支撑。

**(4) 修复效果评估布点采样方案制定：**以更新后的地块概念模型为依据，制定修复效果评估布点采样方案，明确采样点位布置、采样点深度、样品采集与检测方法等关键环节的技术要求。

**(5) 数据分析与修复评估：**基于修复效果评估过程中样品检测结果，结合更新后的地块概念模型，分析评估修复工程实施后地块土壤和地下水中目标污染物浓度是否低于相应的修复目标、残留风险是否可接受等。

**(6) 后期环境监管建议：**依据修复效果评估的结论，结合地块未来再开发利用等因素，提出地块后期环境监管建议。

**(7) 编制修复效果评估报告：**依据以上成果，编制地块修复效果评估报告。

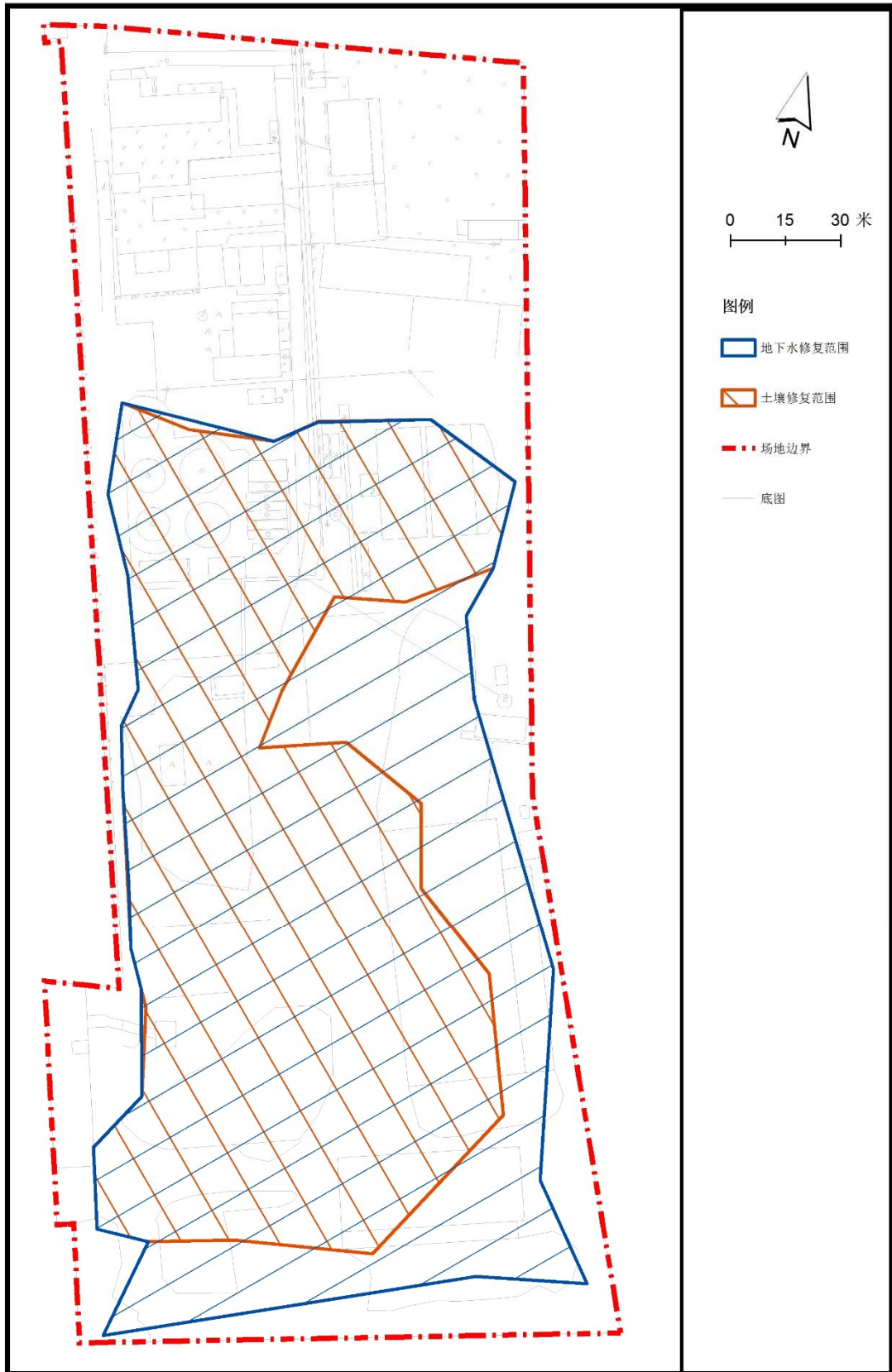


图 1-1 效果评估工作范围



## 2. 编制依据

### 2.1. 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2018 年 8 月 31 日）
- (3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2015 年 1 月 1 日）
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008 年 6 月 1 日）
- (5) 《土壤污染防治行动计划》（国发[2016]31 号）
- (6) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部（2016）42 号令）
- (7) 《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》（（2018）部令第 3 号）
- (8) 《建设项目环境保护管理规定》（2017 年 7 月 16 日修订）

### 2.2. 标准规范

- (1) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）
- (2) 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）
- (3) 《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）
- (4) 《场地环境调查技术规范》（HJ25.1-2014）
- (5) 《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2014）
- (6) 《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）
- (7) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）
- (8) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）
- (9) 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术规范》（HJ1069-2019）
- (10) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部 2017 年 第 72 号）
- (11) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环境保护部 2014 年底 78 号）
- (12) 《建设用地土壤污染状况调查与风险评估技术导则》（DB11/T 656-2019）
- (13) 《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T 1278-2015）
- (14) 《污染场地修复验收技术规范》（DB11/T 783-2011）
- (15) 《水文地质钻探规程》（DZ/T0148-1994）

### 2.3. 技术文件

- (1) 《北京路冠沥青制品有限公司场地环境评价报告（初步调查）》（北京市勘察设计研究院有限公司，2018 年 1 月）

(2) 《北京路冠沥青制品有限公司场地环境调查与风险评估报告》(北京市勘察设计研究院有限公司, 北京市市政四建设工程有限责任公司, 2018年6月)

(3) 《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目技术方案》(北京市勘察设计研究院有限公司, 北京市市政四建设工程有限责任公司, 2018年12月)

(4) 《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目实施方案》(北京市市政四建设工程有限责任公司, 2018年12月)

(5) 《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目施工总结报告》(北京市市政四建设工程有限责任公司, 2019年12月)

(6) 《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目环境监理总结报告》(北京华夏博信环境咨询有限公司, 2019年12月)

(7) 《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目工程监理总结报告》(北京磐石建设监理有限责任公司, 2019年12月)

(8) 《关于路冠沥青厂自住商品房相关问题的会议纪要》(北京市平谷区人民政府办公室(第210期))

### 3. 地块概况

#### 3.1. 地理位置

本项目位于北京市平谷区马昌营镇官庄道口(东200米路南), 北侧为顺平路, 西侧为紫贵佳苑住宅区, 南侧绿地, 东侧为立京饲料厂, 具体位置如图3-1所示。



图 3-1 地块地理位置图

### 3.2. 周边环境现状

现场踏勘结果显示，本次评估地块 800 m 范围内主要分布有紫贵佳苑及陈良屯村 2 个人群相对比较密集的环境敏感点。其中，紫贵佳苑紧邻地块西侧边界，陈良屯村位于地块东北方向，直线距离约 500 m。除此之外，周边主要分布有空地，如图 3- 2 所示。



图 3- 2 地块周边环境现状

### 3.3. 用地历史与规划

#### (1) 用地历史

前期场地污染调查与风险评估过程中对地块历史资料的收集梳理结果显示，北京路冠沥青制品有限公司地块在 1965 年之前为农田，于 1965 年建成北京路冠沥青制品有限公司并投产，主要生产沥青混凝土、乳化沥青，原辅材料包括沥青、燃料油、柴油、抗车辙剂、砂石料、矿粉、乳化剂等，于 2015 年 10 月停产。

#### (2) 用地规划

企业停产至今未再作为工业用地进行使用，期间主要开展了地块土壤和地下水污染调查、修复技术可行性筛选现场测试研究及污染修复治理。根据北京市政路桥集团有限公司的企业发展战略及北京市相关政策，拟将北京路冠沥青制品有限公司场地作为自住型商品房建设用地进行再开发利用。

### 3.4. 地块水文地质条件

#### 3.4.1. 地层分布

前期污染调查阶段场地水文地质勘察结果显示，地块现状地面（地面标高 27.92~

30.18 m) 以下 32.50 m 左右深度 (最大钻探深度) 范围内的地层按沉积成因与年代划分为人工堆积层、第四纪沉积层 2 大类, 并按地层岩性及其赋水特性自上而下进一步划分为 8 个大层及其亚层, 具体如下所述:

#### (1) 填土层

该层分布于地表, 包括碎石填土①层、粉质黏土素填土、黏质粉土素填土①1 层和房渣土①2 层, 厚度一般在 0.60~4.60 m。

#### (2) 粉质粘土层

该层下伏于标高 25.45~28.29 m 以下, 主要为粉质黏土、黏质粉土②层, 局部区域揭露砂质粉土、粉砂②1 层和重粉质黏土、黏土②2 层, 累积层厚为 1.00~5.20 m。

#### (3) 砂质粉土层

该层下伏于标高 21.52~26.57 m 以下, 主要为砂质粉土、黏质粉土③层, 在地块内普遍存在, 局部区域揭露粉砂③1 层、粉质黏土③2 层, 累积层厚为 0.60~4.30 m, 该层可赋存地下水。

#### (4) 粉质粘土层

该层下伏于标高 21.63~22.91 m 以下, 主要为粉质黏土④层, 在地块内普遍存在, 局部区域揭露黏质粉土④1 层, 且在局部区域该大层缺失, 此层累计层厚为 0.30~1.50 m。

#### (5) 砂质粉土层

该层下伏于标高 20.84~22.11 m 以下, 主要为砂质粉土、黏质粉土⑤层, 局部区域揭露粉砂⑤1 层, 累积层厚为 0.60~2.30 m, 该层可赋存地下水。

#### (6) 粉质粘土层

该层下伏于标高 18.97~20.24 m 以下, 主要为粉质黏土⑥层, 在地块内普遍存在, 累积层厚约层厚为 0.50~15.60 m。该层粉质粘土中, 在标高约 12.7 m 左右揭露一层平均厚度约 0.8m 的细砂⑥1 层, 可赋存地下水。

#### (7) 细砂、中砂层

该层下伏于标高 3.37 m 以下, 主要为细砂、中砂⑦层和卵石⑦1 层, 在地块内普遍存在, 为地下水赋存层位, 累积层厚为 6.40 m 左右。

#### (8) 粉质粘土层

该层下伏于标高-3.03 m 以下, 主要为粉质黏土⑧层, 前期污染调查过程中未揭穿。

### 3.4.2. 地下水分布

地块地面以下 32.50 m 深度（最大勘探深度）范围内稳定分布的地下水可划分为 4 层，地下水类型自上而下分别为潜水和承压水。

### **(1) 第 1 层地下水**

该层地下水在场地内普遍分布，主要赋存于地块约 7 m 深度内的砂质粉土、黏质粉土③层、粉砂③1 层中（第 3 大层），地下水类型属潜水。2017 年 4 月 19 日~2017 年 8 月 18 日于地下水监测井中量测的潜水静止水位埋深为 0.51~4.92 m，静止水位标高为 24.02~28.36 m。含水层厚度一般在 0.60~4.30 m。

### **(2) 第 2 层地下水**

该层地下水主要赋存于场地约 8~10m 深度内的砂质粉土、黏质粉土⑤层和粉砂⑤1 层中（第 5 大层）。2017 年 4 月 19 日~2017 年 8 月 18 日于地下水监测井中量测的静止水位埋深为 0.57~5.20 m，静止水位标高为 23.84~28.21 m。含水层厚度在 0.60~2.30 m。场地内局部区域第 1 与第 2 含水层之间相对隔水的粉质黏土、重粉质黏土④层缺失（第 4 大层），该两层水合并为 1 层地下水。

### (3) 第3层地下水

该层地下水主要赋存于场地约 17 m 左右深度的细砂⑥1 层中（第 6 层内）。2017 年 4 月 19 日~2017 年 8 月 18 日于地块内地下水监测井中量测的静止水位埋深为 6.03~9.53 m，静止水位标高为 19.25~22.98 m。勘察到的含水层厚度较薄，为 0.7~0.8 m。

### (4) 第4层地下水

该层地下水主要赋存于场地约 25~32 m 深度内的细砂、中砂⑦层和卵石⑦1 层中（第 7 层内），地下水类型属于承压水，该承压水含水层渗透性较强且有一定厚度，具有一定的供水意义。2017 年 4 月 19 日~2017 年 8 月 18 日于地块内地下水监测井中量测的静止水位埋深为 23.62~24.58 m，静止水位标高为 4.39~5.35 m。

#### 3.4.3. 地下水补、径、排条件

场地所在区域潜水天然动态类型为渗入~径流型，主要接受大气降水入渗和侧向径流补给；以侧向径流和人工开采为主要排泄方式。场地内埋深 10 m 内的地下水总体流向为自西向东，其水力坡度为 0.46%。

## 4. 污染调查与风险评估

### 4.1. 污染调查

依据国家和北京市相关污染地块管理办法，地块使用权人北京市政路桥集团有限公司于 2016 年 10 月委托北京市勘察设计研究院有限公司开展了本项目地块的污染状况调查与风险评估工作。

历经初步调查和详细调查两个阶段，累积布设了 79 个土壤采样勘探孔、27 眼地下水监测井、完成了 817 个（含 73 个平行样品）土壤污染物分析样品、43 个（含 4 个平行样品）地下水污染物分析样品的分析工作。检测结果显示，地块局部区域土壤和地下水均存在一定程度污染，污染物主要为苯、多环芳烃、苯酚等酚类以及总石油烃，其中：

(1) 土壤中检出浓度超过居住用地筛选值的主要污染物包括重金属砷、半挥发性有机物、挥发性有机物。其中，砷超过居住用地筛选值的比例为 0.73%，半挥发性有机物（包括 2-甲基萘、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并(a)蒽、屈、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)芘、二苯并呋喃）超过居住用地筛选值的比例为 0.86%~31.09%，挥发性有机物苯、萘浓度超过居住用地土壤筛选值的比例分别为 4.65%、10.28%。这些污染物浓度超过筛选值的点位主要分布在油罐区、生产区、石料堆附近。

(2) 第 1 层地下水中浓度超过相应评估标准的污染物包括挥发性污染物苯、苯乙烯，

超标率分别为 15.38、38.46%；半挥发性有机物中苯酚的检出浓度超过评价标准，超标率为 38.46%；总石油烃的检出率为 38.46%，超标率为 38.46%。

(3) 第 2 层地下水中挥发性有机物仅苯、苯乙烯超标，超标率分别为 10%、50%；半挥发性有机物仅苯酚、2,4-二甲基苯酚超标，超标率分别为 50%和 3.3%；总石油烃的检出率为 50%，超标率为 50%。第 1 层和第 2 层地下水的超标点位分布与土壤的超标点位分布一致，主要分布在油罐区、生产区及石料堆附近。

(4) 第 3 层地下水样品及其平行样中挥发性有机物、半挥发性有机物、石油烃类检测结果均低于检测限，第 3 层地下水未受到污染。

## 4.2. 风险评估

结合地块未来作为居住用地进行再开发的规划，污染调查与风险评估工作承担单位北京市勘察设计研究院有限公司开展了本地块污染的风险评估工作。**保守考虑，以污染状况调查过程中揭露的各关注污染物的最高检出浓度且考虑地下水存在直接饮用途径进行风险评估**，结果显示，未来规划为居住用地情景下土壤和地下水中部分污染物的健康风险超过可接受水平，需要进行相应的治理修复或风险管控。其中：

(1) 土壤中 TPH 的非致癌危害熵达到了 54、2-甲基萘非致癌危害熵达到了 5.5、3,4-二甲基酚的非致癌水平达到了 6.4，均超过了可接受水平 1.0，关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触。多环芳烃中的屈、苯并(k)荧蒹、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒹、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽的致癌风险为  $3.5 \times 10^{-6} \sim 3.1 \times 10^{-4}$ ，均超过了可接受水平  $1.0 \times 10^{-6}$ ，关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触。其中，苯并(a)芘的致癌风险水平最高，达到了  $3.1 \times 10^{-4}$ 。此外，土壤中的苯和萘的致癌风险水平，分别达到了  $1.1 \times 10^{-5}$  和  $7.9 \times 10^{-5}$ ，也均超过了可接受水平  $1.0 \times 10^{-6}$ 。

(2) 地下水中苯的致癌风险为  $1.1 \times 10^{-6}$ ，略微超过可接受风险水平。但是，地下水中 TPH 的非致癌危害熵达到 14，超过可接受风险水平 1 个数量级以上，其关键暴露途径均为呼吸室内空气、经口摄入。此外，本项目地块地下水中另一类重点关注的污染物苯酚、2-甲基苯酚、3,4-二甲基苯酚、2,4-二甲基苯酚，其非致癌危害熵为 30-22000，也超过可接受风险水平，其关键暴露途径为经口摄入。

### 4.3. 修复目标及工程量

#### (1) 修复目标

结合地块未来作为居住用地进行再开发利用的规划，同时，保守假设地块内第 1、2 层污染地下水未来作为生活饮用水，计算了可接受风险水平条件下地块范围内土壤和地下水中各目标污染物的最高允许浓度，如表 3-1 所示。

表 3-1 修复目标

污染介质	污染物	最终风险管控目标
土壤	TPH (<C16)	1699 mg/kg
	TPH (C10-C40)	5000 mg/kg
	2-甲基萘	240 mg/kg
	屈	57 mg/kg
	苯并(k)荧蒽	5.5 mg/kg
	二苯并呋喃	221 mg/kg
	苯并(a)芘	0.55mg/kg
	苯并(a)蒽	5.5 mg/kg
	苯并(b)荧蒽	5.5 mg/kg
	茚并(1,2,3-cd)芘	5.5 mg/kg
	二苯并(a, h)蒽	0.55 mg/kg
	苯	1.0 mg/kg
	萘	50 mg/kg
	3,4-二甲基苯酚	56 mg/kg
地下水	苯	0.12 mg/L
	TPH	0.884 mg/L <sup>1</sup>
	苯酚	0.67 mg/L <sup>1</sup>
	2-甲基苯酚	1.117 mg/L
	3,4-二甲基苯酚	0.023 mg/L
	2,4-二甲基苯酚	0.447 mg/L

#### (2) 修复工程量

结合地块内土壤和地下水的污染空间分布及修复目标，采用空间插值等手段，最终确定了地块土壤和地下水的修复范围。其中，土壤修复面积约为 21032.5 m<sup>2</sup>，最大修复深度 11 m，涉及修复土方量约 244148 m<sup>3</sup>，地下水修复面积约 25657.4 m<sup>2</sup>。

<sup>1</sup> 考虑地下水作为饮用水功能计算的允许浓度。



## 5. 污染修复

### 5.1. 修复方案

按照国家和北京市相关污染地块管理办法，地块使用权人北京市政路桥集团有限公司委托北京市市政四建设工程有限责任公司依据污染调查与风险评估的相关结论，开展了本项目地块污染土壤和地下水治理修复技术筛选、现场可行性以及工艺设计参数的测试，历时近5个月时间，最终编制了最终的修复工程实施方案，并于2018年11月通过了专家评审。最终确定的修复技术路线如图3-3所示。

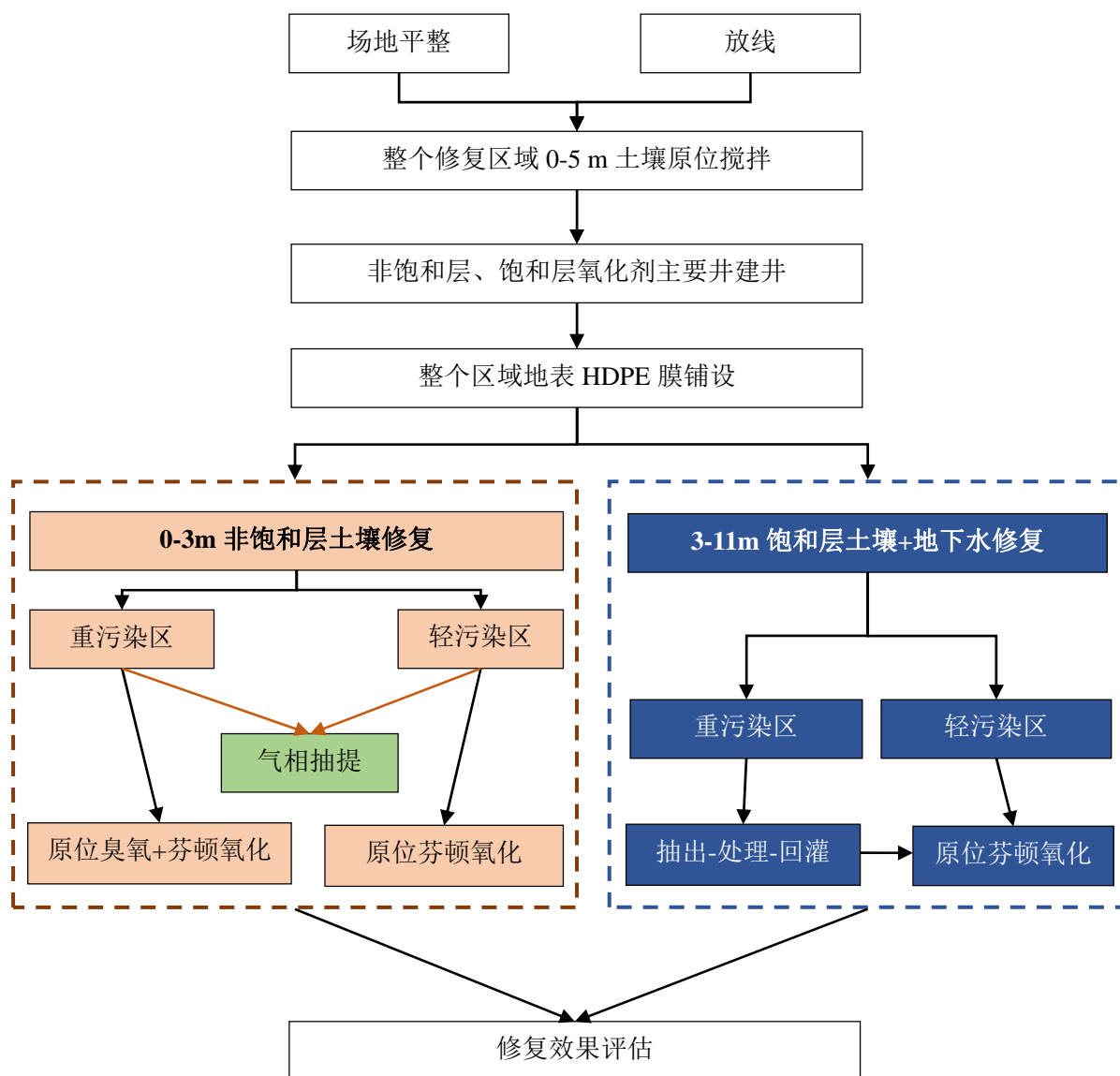


图 3-3 修复技术路线图

综合考虑北京市相关项目经验及场地实际状况，首先确定的本项目地块的总体修复策略是以原位修复为主。结合目标污染物的理化特性，通过实验室测试及现场中试，最终选定以芬顿原位氧化为主体修复技术，对本项目场地污染土壤和地下水进行修复。同

时,为保障修复效果,结合地块内的具体污染空间分布等因素,采取了相应的强化措施,包括:

(1) 考虑到本项目地块土壤以粉土、粉粘及粉细砂等细颗粒土层为主,为强化芬顿等氧化药剂的传输与扩散,保障修复效果,首先对修复范围内 0-5 m 的土壤进行原位搅拌,增加土壤的透气性及孔隙度;

(2) 针对非饱和带的局部重污染区,结合实验室小试结果,采用注入臭氧预氧化的措施进行强化修复,同时对整个非饱和带修复区域进行气相抽提,一方面加速臭氧和液态芬顿氧化剂在土层中的传输,同时也加速苯、萘的去除,确保最终能够实现修复目标;

(3) 针对饱和层地下水的局部重度污染区,通过采用抽出-处理-回灌技术将污染程度迅速降低,在此基础上再进行原位化学氧化,以保障最终的修复效果。

## 5.2. 修复工程实施

依据修复实施单位及环境监理单位提供的总结报告,本项目修复工程的具体实施于 2018 年 12 月 1 日正式实施,经自检合格后于 2019 年 3 月 19 日报请业主单位开展修复效果评估工作,总计施工周期约 3.5 个月,各主要工作的时间节点如表 5-1 所示。

## 5.3. 修复过程环境监理

环境监理工作于 2018 年 9 月 1 日(现场中试启动日期)正式进场开展工作,截止 2019 年 11 月 22 日,共计 447 天。环境监理单位督促施工单位按照施工组织设计和环评批复要求落实各项环保措施,并对二次污染防治措施进行跟踪监测。

根据《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目实施方案》、《污染场地修复工程环境监理技术导则》(DB11/T 1279-2015)中环境监测要求,环境监理单位开展了大气环境监测、厂界噪声环境监测、废气排放监测和废水排放监测。监测结果显示,修复期间存在颗粒物、非甲烷总烃等个别超标现象,其余检测指标均满足相应标准限值。为此环境监理单位通知施工单位进行了相应整改,并督促施工单位加强采取环保措施,落实二次污染防治措施。后续环境监测情况满足实施方案要求,最终各项检测指标均满足相应标准限值。

综上,本项目修复单位按照实施方案要求完成了土壤及地下水修复工作,修复过程中,监理单位督促施工单位加强采取环保措施,落实二次污染防治措施,未对周边环境和现场工作人员产生影响。本项目土壤及地下水修复工程已达到《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目实施方案》提出的要求。

表 5-1 各主要工作时间节点（单位：周）

工作内容	2018 年 12 月				2019 年 1 月				2019 年 2 月				2019 年 3 月		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0-5 m 土壤原位搅拌															
原位化学氧化注药井建设及主要系统加工															
污染地下水抽出-处理系统施工															
非饱和层气相抽提井及抽提设施建设															
非饱和层轻污染区原位氧化															
非饱和层重污染区原位化学氧化															
饱和层重污染区抽出处理回灌															
饱和层轻污染区原位氧化															
饱和层重污染区原位氧化															
pH 值调节															

## 6. 修复效果评估

### 6.1. 工作量汇总

基于本项目地块前期污染调查数据、修复技术方案、修复运行监测数据以及修复过程中环境监理报告等基础资料，开展了本地块土壤和地下水修复效果评估。其中：

(1) 结合前期污染调查数据、修复技术方案、修复运行监测数据，为进一步识别修复后地块残留污染物分布，在效果评估范围内总计布设了 15 个被动式土壤气监测点，累计采集了 15 份土壤气样品，以支撑效果评估土壤采样点和地下水监测井的布置；

(2) 结合各阶段调查数据及被动土壤气监测结果，针对土壤修复效果的评估共布设了 82 个土壤采样点（布点密度约 17 m×17 m），累计检测土壤样品 485 份（不含 82 份现场平行样），样品最大检测深度 11 m，满足导则中布点密度不大于 40 m×40 m 的要求。

(3) 针对地下水修复效果评估，共布设了 56 口地下水监测井，布点密度约 21 m×21 m，满足导则中密度不大于 40 m×40 m。整个效果评估过程中，于 2019 年 03 月~2019 年 12 月累积连续开展了 9 个批次地下水取样检测，共计检测地下水样品 704 件（不含 77 件现场平行样）；

(4) 结合效果评估过程中揭露的污染物残留状况，在地块内布置了 15 个挥发通量测试点位、6 个环境空气监测点位（连续监测了 3 个月），以及在修复范围外（涉及地下水上游、下游）布置了 5 个地下水监测井（开展了连续 4 次的取样监测），以进一步评估地块未来再开发利用的环境安全；

(5) 本项目采用原位化学氧化进行修复，虽然采用的氧化剂是相对绿色的芬顿试剂，但是本次修复效果评估过程中依然分别送检了 24 件土壤样品和 12 件地下水样品，进行 VOCs 和 SVOCs 的全扫描测试，以评估修复过程是否生成二次污染物。

## 6.2. 结论

### 6.2.1. 修复工程实施

依据备案的修复工程实施方案，北京市市政四建设工程有限责任公司针对平谷路冠沥青制品有限公司地块面积约 21032.5 m<sup>2</sup> 的污染土壤及面积约 25657.4 m<sup>2</sup> 的污染地下主要采用原位化学氧化进行了修复，最大修复深度 11 m。依据环境和工程监理全过程的监理记录及总结报告的记录，修复过程中未发生重大方案变更。经采样自检，按方案实施相应修复措施后，土壤和地下水修复已达标，并于 2019 年 3 月 20 日按要求报请土地使用权人聘请相关第三方机构开展修复效果评估。

### 6.2.2. 修复过程污染防治

依据环境监理全过程的监理日志、监理总结报告的审核及现场踏勘核实结果，修复过程中，实施单位按方案要求基本落实了各项二次污染防治措施。修复期间虽然存在颗粒物、非甲烷总烃在个别监测点位出现超标现象，但施工单位按环境监理所提要求进行积极整改后各项检测指标均满足相应的排放标准限值，最终未对周边环境和现场工作人员产生影响。因此，本项目土壤及地下水修复过程中已达到了《北京路冠沥青制品有限公司污染场地治理与修复项目实施方案》提出的各项环境污染防治要求。

### 6.2.3. 修复效果

通过对修复范围内土壤和地下水开展采样检测与数据分析可知，本项目地块污染土壤和地下水残余浓度已均已低于修复目标，且土壤中关注污染物残余浓度统计结果也均低于一类用地筛选值。因此，可判断本项目地块修复达标，地块未来可作为居住用地进行安全再开发利用，具体如下所述：

(1) 针对修复区域内不同深度的土壤总计采集分析了 485 个土壤样品（不含 82 个现场平行样），逐一与修复效果评估标准进行对比发现，所有土壤样品中各目标污染物残余浓度均低于相应的修复目标，表明本项目地块土壤修复达标。而且，结合关注污染物检出浓度的空间分布进行统计分析显示，所有关注污染物的残余浓度均低于居住用地筛选值，这进一步表明本项目地块土壤修复达标，可作为居住用地进行再开发利用。

(2) 针对修复区域内的地下水布置了 56 口地下水监测井，以间隔 1 个月的频率连续开展了 9 次监测，总计采集分析了 704 个地下水样品（不含 77 个现场平行样），逐一与修复效果评估标准进行对比发现，地下水样品中目标污染物残余浓度均低于相应的评估标准，且残余浓度稳定，表明地下水中各目标污染物修复已稳定达标；

(3) 结合土壤和地下水中残余污染物理化特性及其暴露途径开展的挥发通量测试、环境空气监测、残余组分分析，以及在修复区域外布置的地下水污染扩散监测与修复过程中潜在二次污染物监测等工作结果进一步显示，地块土壤和地下水已修复合格，未来可作为居住用地进行安全再开发利用。