

天津地铁 4 号线南段工程成林道站 附属工程项目地块 土壤污染风险评估报告

项目单位：中交第二公路工程局有限公司

报告编制单位：天津丰阳生态环境科技有限责任公司

二〇二一年六月

摘 要

2018 年 1 月，天津市河东区成林道天药集团地块（以下简称“天药地块”）由天津市环境保护科学研究院完成了场地环境调查及风险评估工作。根据《天津市河东区成林道天药集团地块场地环境调查及风险评估报告》，天药地块内土壤及地下水存在污染，无法满足未来开发为居住用地的环境要求，需进行修复。由于在开展天药地块调查期间，成林道地铁正在修建期间，修建区及周边相关区域被围挡，并建成了成林道现状导行路，因此，地块西侧及南侧部分区域未能进行布点调查。根据《天津市河东区成林道天药集团地块场地环境调查及风险评估报告》，天药地块的污染范围，**通过差值计算，涵盖了此未调查区域（本地块）**。现地块南侧地铁计划进行一期建设，为探明地铁一期建设区域是否存在土壤及地下水污染，2021 年 3 月，受中交第二公路工程局有限公司委托，天津丰阳生态环境科技有限责任公司遵照国家和天津市相关法律法规和技术导则要求，对天津地铁 4 号线南段工程成林道站附属工程项目地块（以下简称“成林道地块”）开展了土壤污染状况调查工作。本地块为成林道地铁站范围，未来用地规划性质为道路与交通设施用地（S），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地。但由于本地块为天津市河东区成林道天药集团地块的一部分，由于前期未能进入调查，此次重新开展土壤污染状况调查工作，且根据未来地铁建设情况，本地块内土壤会运离本地块，目前无法确定接收地的用地类型，因此，**本地块土壤污染状况调查阶段按照《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第一类用地筛选值进行评价**。根据

调查结果显示，地块内（1）土壤中：三氯甲烷（氯仿）、二氯甲烷、苯、一溴二氯甲烷、甲苯、氯甲烷、1,1,2,2-四氯乙烷等 7 项 VOCs 指标及石油烃（C₁₀-C₄₀）指标的部分样品检测结果超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第一类用地筛选值；（2）地下水中：地下水样品 W6 井位第一层地下水样品 pH 值（10.35）不满足《地下水质量标准》（GB14848-2017）IV 类标准（5.5-9.0）；二氯甲烷、三氯甲烷、苯、一溴二氯甲烷、甲苯等 5 项 VOCs 指标超过对应筛选值；苯酚、4-氯苯胺、二苯并(a,h)蒽等 3 项 SVOCs 指标各有 1 个样品超过对应筛选值。为评估成林道地块污染对人体健康产生的风险，根据国家、天津市相关法律法规及文件要求，开展本次风险评估工作。

经评估，土壤中超标污染物三氯甲烷（氯仿）、二氯甲烷、苯、一溴二氯甲烷、甲苯、氯甲烷、1,1,2,2-四氯乙烷应考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物的暴露途径。氯仿、苯、氯甲烷、1,1,2,2-四氯乙烷对人体健康风险不可接受，对人体存在健康风险，需进行修复。另外，甲苯浓度超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地管控值，应进行修复。

地下水中超标污染物氯仿、二氯甲烷、苯、一溴二氯甲烷、甲苯、苯酚、4-氯苯胺、二苯并(a,h)蒽应考虑吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物的暴露途径。经风险评估，地下水中超标污染物二氯甲烷、苯、一溴二氯甲烷、甲苯、苯酚、

4-氯苯胺、二苯并(a,h)蒽风险水平均可接受，无需进行修复；氯仿对人体存在健康风险，需进行修复。

综合考虑分析，土壤中，建议氯仿、苯、氯甲烷、1,1,2,2-四氯乙烷选择风险控制值作为修复目标值，甲苯选择《土壤环境质量 建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地筛选值作为修复目标值，氯仿修复目标值为 **0.45mg/kg**，苯修复目标值为 **2.21mg/kg**，氯甲烷修复目标值为 **18.5mg/kg**，1,1,2,2-四氯乙烷修复目标值为 **3.41mg/kg**，甲苯修复目标值为 **1200mg/kg**。经计算，总修复土方量约为 31260.96m³。地下水中，建议氯仿选择风险控制值作为地下水修复目标值。地下水中氯仿修复目标值为 **0.87mg/L**。潜水层和承压水层修复或风险管控范围与土壤修复范围一致，面积为 **2605.08m²**。

目 录

摘 要.....	I
1 概述.....	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 评估范围.....	3
1.3 评估目的.....	4
1.4 基本原则.....	4
1.5 工作方案.....	5
1.5.1 评估方法和内容.....	5
1.5.2 技术路线.....	6
1.6 调查评估依据.....	7
1.6.1 法规依据.....	7
1.6.2 技术依据及标准规范.....	8
1.6.3 周边地块土壤污染调查报告.....	9
2 土壤污染状况调查概况.....	10
2.1 污染识别.....	10
2.1.1 地块内污染产生过程分析.....	10
2.1.2 周边污染源对地块影响分析.....	10
2.1.3 地块初步污染概念模型.....	15
2.2 地块地质情况.....	18
2.2.1 土层分布条件.....	18
2.2.2 地层指标.....	25
2.2.3 地块水文地质条件.....	26
2.2.4 场地地下水流场特征.....	27
2.2.5 地质调查结论.....	30
2.3 采样和调查方案.....	31
2.3.1 土壤.....	31
2.3.2 地下水.....	35
2.4 污染物空间分布情况.....	37
2.4.1 土壤.....	37
2.4.2 地下水.....	41

2.5 调查结论.....	46
3 危害识别.....	49
3.1 用地规划及开发利用方式.....	49
3.2 关注污染物筛选.....	50
3.3 污染源分析.....	51
3.4 受体分析.....	52
3.5 污染地块概念模型更新.....	52
3.5.1 关于本地块特征污染物的分析.....	52
3.5.2 关于地铁站建筑的特征分析.....	55
4 暴露评估.....	58
4.1 暴露途径分析.....	58
4.2 暴露量计算.....	60
4.2.1 计算公式.....	60
4.2.2 暴露参数.....	67
4.2.3 暴露量计算结果.....	67
5 毒性评估.....	74
5.1 污染物毒性效应.....	74
5.2 污染物相关参数.....	77
5.2.1 致癌效应毒性参数.....	77
5.2.2 非致癌效应毒性参数.....	78
5.2.3 污染物的理化性质参数.....	78
5.2.4 污染物其他相关参数.....	79
6 风险表征.....	80
6.1 风险计算过程.....	80
6.1.1 土壤中单一污染物致癌风险.....	80
6.1.2 土壤中单一污染物危害商.....	83
6.1.3 地下水中单一污染物致癌风险.....	85
6.1.4 地下水中单一污染物危害商.....	87
6.2 风险计算结果.....	89
6.2.1 土壤.....	89
6.2.2 地下水.....	90

6.3 不同暴露途径的贡献分析.....	91
6.4 风险控制值计算.....	93
6.4.1 基于致癌效应的土壤风险控制值.....	94
6.4.2 基于非致癌风险的土壤风险控制值.....	96
6.4.3 基于致癌风险的地下水风险控制值.....	99
6.4.4 基于非致癌风险的地下水风险控制值.....	100
6.4.5 风险控制值计算结果.....	102
7 风险评估结论.....	104
8 风险管控或修复.....	106
8.1 修复目标值确定.....	106
8.1.1 确定原则及依据.....	106
8.1.2 修复目标值.....	107
8.2 修复范围及修复量.....	108
8.2.1 土壤.....	108
8.2.2 地下水.....	111
8.3 修复技术建议.....	117
8.3.1 修复技术选择.....	117
8.3.2 修复过程注意事项.....	125
9 不确定性分析.....	127
10 结论及建议.....	129
10.1 评估结论.....	129
10.2 建议.....	130

插图目录

图 1.1-1	本地块与天药地块的相对位置关系图.....	2
图 1.2-1	地块调查范围示意图.....	4
图 1.5-1	风险评估技术路线图.....	6
图 2.1-1	土壤中氯仿超标点位分布示意图.....	11
图 2.1-2	地下水中氯仿超标点位分布示意图.....	12
图 2.1-3	土壤修复范围示意图.....	13
图 2.1-4	第一层地下水修复范围示意图.....	14
图 2.1-5	第二层地下水修复范围示意图.....	14
图 2.1-6	第一层地下水 NAPLs 修复范围示意图.....	15
图 2.1-7	地块污染概念模型示意图.....	17
图 2.2-1	水文地质剖面图位置及编号.....	21
图 2.2-2	地块水文地质剖面图 1-1'.....	22
图 2.2-3	地块水文地质剖面图 2-2'.....	23
图 2.2-4	地块水文地质剖面图 3-3'.....	24
图 2.2-5	地块内潜水地下水流场图.....	28
图 2.2-6	地块内承压水地下水流场图.....	29
图 2.3-1	土壤点位布设情况示意图.....	34
图 2.3-2	地下水监测井位布设情况示意图.....	36
图 2.3-3	成井结构图.....	37
图 2.4-1	土壤样品超标点位分布示意图.....	40
图 2.4-2	潜水层上层超标点位分布情况示意图.....	43
图 2.4-3	潜水层下层超标点位分布情况示意图.....	44
图 2.4-4	承压层超标点位分布情况示意图.....	45
图 3.1-1	地块开发利用方式示意图.....	49
图 3.5-1	VOCs 优先传质通道示意图.....	54
图 4.1-1	暗挖法开挖方式示意图.....	59
图 4.2-1	参数输入过程示例图（软件参数设置截图）.....	71
图 8.2-1	土壤修复范围平面示意图.....	110
图 8.2-3	潜水层下层氯仿浓度分布平面示意图.....	114
图 8.2-4	承压层氯仿浓度分布平面示意图.....	115
图 8.2-5	地下水（潜水&承压水）修复或管控范围平面示意图.....	116

插表目录

表 1.2-1	地块拐点坐标汇总表（2000 国家大地坐标系）	3
表 2.1-1	土壤修复目标值.....	12
表 2.1-2	地下水修复目标值（ $\mu\text{g/L}$ ）	13
表 2.1-3	地块初步污染概念模型.....	16
表 2.2-1	一般物理学分层统计表.....	25
表 2.2-2	主要土层渗透系数试验结果统计表.....	26
表 2.2-3	水文地质勘查孔资料及水位量测情况表.....	26
表 2.3-1	土壤采样点布设依据.....	32
表 2.3-2	土壤采样点位坐标.....	32
表 2.3-3	地下水监测点位坐标.....	35
表 2.3-4	地下水监测点位坐标.....	35
表 2.4-1	土壤样品超标结果汇总（ mg/kg ）	39
表 2.4-2	地下水中 VOCs 超标情况汇总（ $\mu\text{g/L}$ ）	42
表 3.2-1	关注污染物判定列表.....	51
表 3.5-1	污染物理化性质.....	52
表 3.5-2	地块污染概念模型.....	56
表 4.1-1	关注污染物暴露途径.....	59
表 4.2-1	土壤污染物最大浓度（ mg/kg ）	67
表 4.2-2	地下水污染物最大浓度（ mg/L ）	67
表 4.2-3	土壤及地下水污染区参数.....	68
表 4.2-4	土壤参数.....	68
表 4.2-5	建筑物参数.....	68
表 4.2-6	暴露参数.....	69
表 4.2-7	土壤关注污染物暴露量计算结果($\text{kg}\cdot\text{土壤}\cdot\text{kg}^{-1}\text{体重}\cdot\text{d}^{-1}$).....	72
表 4.2-8	地下水关注污染物暴露量计算结果($\text{L}\cdot\text{地下水}\cdot\text{kg}^{-1}\text{体重}\cdot\text{d}^{-1}$).....	72
表 5.1-1	污染物毒性效应列表（一）	75
表 5.1-2	污染物毒性效应列表（二）	76
表 6.2-1	土壤关注污染物各暴露途径风险评估结果.....	89
表 6.2-2	地下水关注污染物各暴露途径风险评估结果.....	90
表 6.3-1	土壤关注污染物不同暴露途径的贡献.....	92
表 6.3-2	地下水关注污染物不同暴露途径的贡献.....	93
表 6.4-1	土壤风险控制值计算结果（ mg/kg ）	102
表 6.4-2	地下水风险控制值计算结果（ mg/L ）	103
表 7.1-1	土壤风险评估结果.....	104

表 7.1-2	地下水风险评估结果.....	105
表 8.1-1	土壤建议修复目标值 (mg/kg)	108
表 8.1-2	地下水建议修复目标值 (mg/L)	108
表 8.2-1	氯仿修复量估算列表.....	109
表 8.2-2	土壤修复范围拐点坐标 (2000 国家大地坐标)	109
表 8.2-3	地下水修复范围拐点坐标 (2000 国家大地坐标)	111