

河西区陈塘科技商务区 X3（小学）地块

风险评估报告

项目单位：天津市河西区土地整理中心

报告编制单位：天津生态城环境技术咨询有限公司

二〇一八年十二月

1 概述

1.1 项目概况

2018 年 10 月，天津生态城环境技术有限公司受河西区土地整理中心委托，遵照相关法律法规和技术导则要求，在初步调查和详细调查的基础上，对河西区陈塘科技商务区 X3（小学）地块（以下简称 X3 地块）开展了场地健康风险评估工作。

根据《陈塘科技商务区土地使用性质分布图-16 版》，此地块规划为小学，用地性质为中小学幼儿园用地，应开展相关的环境调查与风险评估工作。此地块用地性质为第一类用地，筛选值按照第一类用地标准执行。

1.2 调查范围

X3 地块位于天津市河西区东江道南侧，地块调查面积约 25600m²，X3 地块四至范围为：东至 F18 地块，西至枫林北路，南至四季馨园，北至东江道。地块边界范围见图 1.2-1 所示，边界坐标如表 1.2-1 所示。

表 1.2-1 地块边界坐标一览表（90 坐标系）

点位编号	X	Y	点位编号	X	Y
A	293601.1460	104604.9830	E	293415.1490	104653.4928
B	293457.0636	104576.1995	F	293415.1852	104748.7649
C	293424.2830	104576.3810	N	293551.3995	104749.6995
D	293424.8240	104653.5730	O	293570.8386	104666.3362

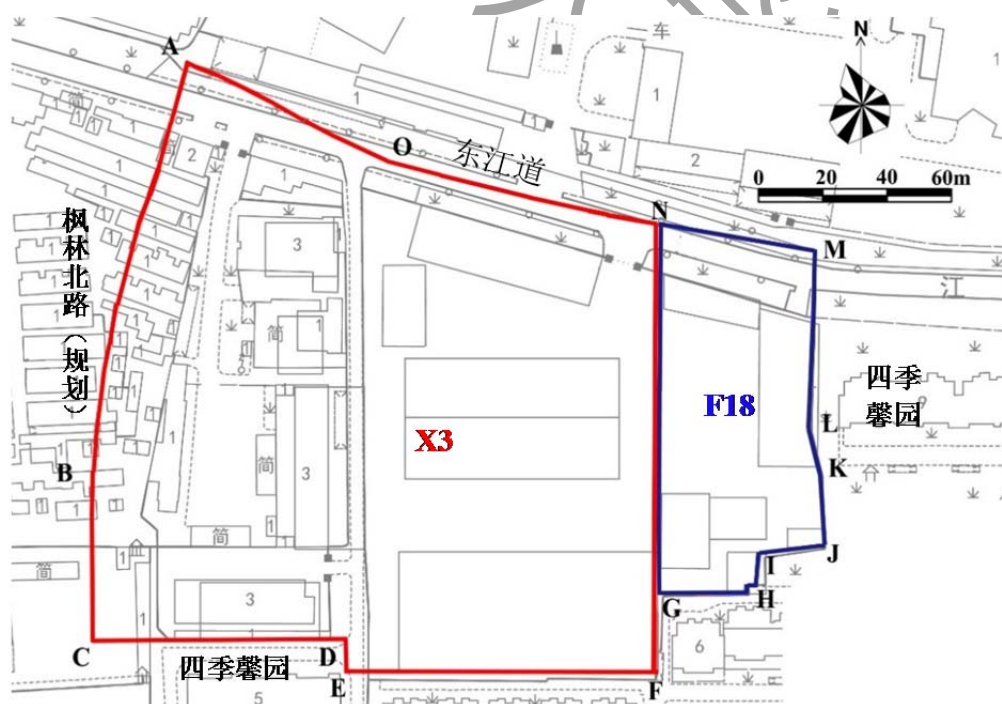


图 1.2-1 地块边界范围示

2 初步和详细调查概况

2.1 初步及详细调查方案

初步调查采用专业判断法结合系统布点法，采用 40m×40m 网格，共布设 16 个土壤采样点，送检 73 个样品检测重金属（14 种），57 个样品检测 VOCs（53 种），56 个样品检测 SVOCs（92 种），23 个样品检测 TPH；布设 4 个地下水监测点，检测 13 种重金属、58 种 VOCs、92 种 SVOCs、TPH 和氰化物。

详细调查重点关注 X3-4 和 X3-8 所在潜在污染区域，采用 20m×20m 网格布设 11 个土壤采样点，送检 28 个样品检测 14 种重金属。

2.2 初步及详细调查结果

初步及详细调查结果显示，土壤中六价铬、铬、砷在填土层超过相应筛选值，其余 11 种重金属、VOCs、SVOCs、TPH 均未超过相应筛选值；地下水检测结果显示所有地下水检测结果均未超过相应水质标准。

2.2.1 六价铬

将初步调查数据和详细调查数据统一分析，有 8 个样品六价铬超过了筛选值，浓度最大值为 649mg/kg，超过了建设用地土壤污染风险管控值 30mg/kg，污染物含量超过风险管控值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施。

六价铬超标点均位于填土层（0~2.2m），除有 D15 点在 2.2m 处超标，其余超标点均位于土壤表层 0.5m 左右。将 X3 地块和 F18 地块初步调查和详细调查数据统一分析，采用克里金插值法计算六价铬超过筛选值 3mg/kg 和管控值 30mg/kg 的浓度范围，六价铬超标区域较为集中，位于 X3 地块东北侧，历史为同生化工厂用地，同生化工厂生产铬明矾、铬酸酐，生产原料为铬矿，生产过程中产生工业废渣铬渣，加之 50 年代企业管理不善，在铬矿、铬渣储存及铬盐生产过程中可能会造成土壤的铬及六价铬污染。

2.2.2 铬

总铬采用《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）中居住用地筛选值（250mg/kg）进行评估。有 12 个样品铬超过了筛选值，浓度最大值位于 D5-0.5m，超标 58.6 倍。

铬超标点均位于填土层（0~2.2m），除有 3 个样品在 1.7m、2.2m 处超标，其余超标点均位于土壤表层 0.5m 左右。将 X3 地块和 F18 地块初步调查和详细调查数据统一分析，采用克里金插值法计算铬超过筛选值 250mg/kg 的浓度范围，铬超标区域

与六价铬超标区域重叠且大于六价铬超标区域，位于 X3 地块东北侧，历史为同生化工厂用地，同生化工厂生产铬明矾、铬酸酐，生产原料为铬矿，生产过程中产生工业废渣铬渣，加之 50 年代企业管理不善，在铬矿、铬渣储存及铬盐生产过程中可能会造成土壤的铬及六价铬污染。

2.2.3 砷

砷超标结果统计见表 2.2-3，有 2 个样品砷超过了筛选值 20 mg/kg，但未超过管制值 120 mg/kg。浓度最大值位于 D17-0.4m，超标 3.47 倍。

砷超标点均位于土壤表层 0.4m 左右。将 X3 地块和 F18 地块初步调查和详细调查数据统一分析，计算砷超过筛选值 20mg/kg 的浓度范围，砷超标区域与金属铬、六价铬超标区域基本在同一区域，砷超标区域小于铬及六价铬超标区域。

2.3 初步及详细调查结论

综合初步调查及详细调查结果，土壤中六价铬有 8 个样品超过了第一类用地筛选值，超标位置均位于填土层，其中 1 个六价铬样品浓度超过了建设用地土壤污染风险管控值（30mg/kg），对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施；有 12 个样品铬超过敏感用地筛选值，超标位置均位于填土层，最大超标倍数 58.6 倍；有 2 个样品砷超过第一类用地筛选值，超标位置位于填土层，最大超标倍数 3.47 倍。

六价铬、铬、砷超标点位在同一区域，此地块历史上有生产铬明矾、铬酸酐的同生化工厂，同生化工厂在生产铬盐过程中，原料有铬矿，产生工业废渣铬渣，铬矿及铬渣含有六价铬、铬、砷、铅、铜、锌等多种重金属，加之 50 年代企业管理不善，在铬矿、铬渣的存储及铬盐生产可能是造成土壤铬、六价铬、砷污染的原因。

初步及详细调查结果显示，土壤中六价铬最大值超过了建设用地土壤污染风险管控值，污染物含量超过风险管控值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施。土壤中铬和砷超过相应筛选值，存在一定的健康风险，需要启动健康风险评估工作。

3 危害识别

3.1 关注污染物

依据场地风险管理的基本思路，当污染调查结果显示场地土壤或地下水中某种污染物的最高检出浓度超过相应的风险筛选值或筛选标准时，通常认为该污染物的潜在健康风险可能超过可接受水平，需结合场地用地规划、污染物空间分布、场地水文地

质条件、未来受体的具体暴露特征参数等因素构建场地风险概念模型，并定量评估其健康风险。这类超过筛选值或评估标准、需进一步开展健康风险评估的污染物，通常称之为关注污染物。

总铬通常以三价化合物和六价化合物两种形态存在，其中三价铬化合物没有致癌性，溶解性差且较为稳定，对人体几乎不产生有害作用，在目前的产品运用中，三价铬属于环保系列，未见引起工业中毒的报道。六价铬为吞入性毒物/吸入性极毒物，皮肤接触可能导致过敏，更可能造成遗传性基因缺陷，吸入可能致癌，对环境有持久危险性。但这些是六价铬的特性，铬金属、三价或四价铬并不具有这些毒性。《土壤环境质量 建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）在制定过程中，三价铬的直接计算值很高，可达到数十万，远超过实际地块管理中遇到的铬浓度，因此设定六价铬的筛选值和管制值，对于总铬和三价铬不再规定其筛选值。

第二阶段调查结果显示，地块调查范围内土壤中存在超过筛选值的污染物为六价铬、铬、砷 3 种重金属。超标污染物均位于填土层（0~2.2m）。虽然本地块总铬超过了《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中住宅用地筛选值，因总铬中的三价铬基本无毒性，毒性主要来自于六价铬。

根据《土壤环境质量 建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB36600-2018），污染物超过了建设用地土壤污染风险管控值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施。本地块六价铬最大值 649mg/kg，超过了其风险管控值 30 mg/kg，无需开展健康风险评估，需采取风险管控或修复措施。

综上所述，本地块的最终的需要进行风险评估确定其风险水平的污染物为砷。

3.2 污染来源分析

X3 地块自 1950~2011 年陆续有同生化工厂、第三示范学校校办工厂和天津化工设备厂三家企业在此生产。

1950~1965 年同生化工厂在此生产铬明矾、铬酸酐，生产原料有铬矿、浓硫酸、蔗糖等，产生的污染主要为含多种重金属的铬渣，1965 年后为第三示范学校校办工厂所有，用于学生住宿使用。

第三示范学校校办工厂（化工中专技校），在本场地时间 1950 至今，1981 年改为天津市教学仪器厂，为半工半读的工厂，学生在校办工厂生产学习住宿，主要生产教学仪器，生产涉及机加工、木工、组装等，产生的污染物为废金属屑和废皂化液。

天津市化工设备铆造厂于 1970 年在原化工中专技校旧址上成立，1980 年更名为天津市化工设备厂，生产离心机、压力容器、化工设备。原料主要为不锈钢板、碳钢板、法兰、胶垫、焊接材料、乳化液等，生产涉及机加工及组装，产生的污染物为重金属和乳化液。

地块涉及企业的特征污染物是重金属，尤其是早期的同生化工厂生产铬明矾、铬酸酐，原料有铬矿及产生铬渣，易造成铬、六价铬、砷等重金属污染。

3.3 受体分析

根据《陈塘科技商务区土地使用性质分布图-16 版》此地块规划为小学，用地性质为中小学幼儿园用地，在此土地利用方式下，儿童及成人（教职员工）均可能会长时间暴露于场地污染而产生健康危害。对于致癌效应，考虑人群的终生暴露危害，一般根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险；对于非致癌效应，儿童体重较轻、暴露量较高，一般根据儿童暴露来评估污染物的非致癌效应。

3.4 暴露途径分析

考虑到场地在未来规划和使用中，受体（儿童或成人）主要暴露特征是室内上课、室外玩耍，暴露途径要考虑室内和室外。场地内的污染物为杂填土中的重金属，结合其理化性能，本地块污染物对应的主要暴露途径包括以下 3 种。

- 1、直接经口摄入土壤中污染物：指经口直接摄入污染土壤而暴露于污染物。
- 2、皮肤接触土壤中污染物：指通过皮肤接触吸收污染土壤而暴露于污染物。
- 3、呼吸吸入土壤颗粒物：指通过呼吸吸入土壤颗粒而暴露于污染物。包括吸入室内和室外颗粒物。

其中针对土壤污染风险评估，考虑该场地后续开发利用会存在土壤再次扰动情况，因此采用相对保守的表层土壤暴露途径进行整体污染土壤风险评估计算，不再进行分层风险评估。

3.5 污染地块概念模型

根据第一阶段和第二阶段的调查结果，明确了地块可能对人体健康造成风险的源、受体和暴露途径之间的关系。

土壤表层的重金属经风扩散到空气中，暴露在此空气中的受体（儿童、成人）经口、皮肤、呼吸吸入含重金属的颗粒，或直接摄入污染土壤。该地块污染概念模型见下图。

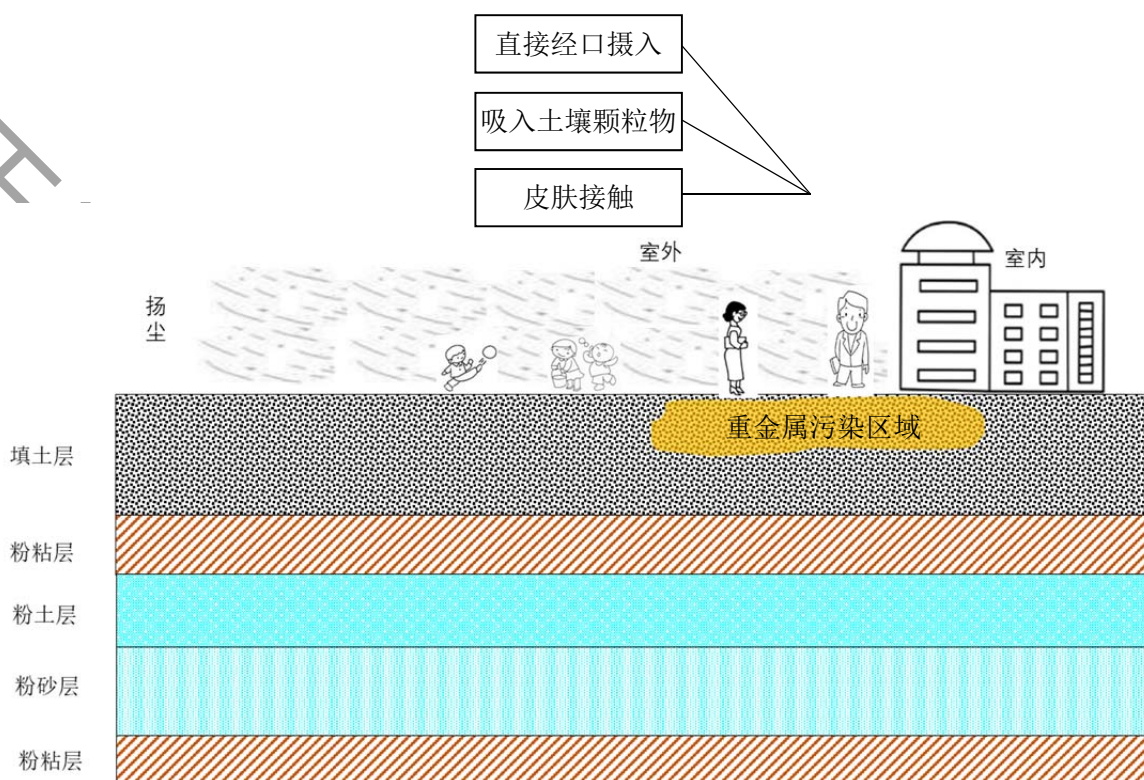


图 3.5-1 污染地块概念模型

4 暴露评估

4.1 暴露情景分析

《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中，根据建设用地保护对象暴露情况的不同，可以分为以下两类。

第一类用地（敏感用地）：包括 GB50137-2011 规定的城市建设用地中的居住用地（R）、公共管理与公共服务用地中中小学用地（A33）、医疗卫生用地（A5）和社会福利设施用地（A6），以及公园绿地（G1）中的社区公园或儿童公园用地等。

第二类用地（非敏感用地）：包括 GB50137-2011 规定的城市建设用地中的工业用地（M）、物流仓储用地（W）、商业服务业设施用地（B）、道路与交通设施用地（S），公用设施用地（U），公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6 除外），以及绿地与广场用地（G）（G1 中的社区公园或儿童公园用地除外）等。

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）6.1.4 条的规定，对特定用地结合场地特定人群进行分析，确定用地性质。该地块规划为小学，因此儿童和成人均可能长时间暴露在该场地中。因此，该场地按照**第一类（敏感）**用地类型进行评估。

4.2 暴露参数

在考虑暴露模型与参数时，考虑到污染物致癌效应和非致癌效应的区别，对于致癌效应和非致癌效应的评估按照不同的模型和参数进行计算，模型中参数主要依照场地现场实际调查测量以及《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中的推荐值确定。

4.3 暴露量计算

污染场地土壤污染物暴露途径下的污染物暴露量按照《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中公式计算。

4.4 不同暴露途径的贡献率

根据该场地实际状况及未来土地利用类型，结合场地中目标污染物类型及其理化性质，确定该场地土壤中不同污染物对应的主要暴露途径包括以下几种：直接经口摄入土壤中污染物、皮肤接触土壤中污染物、呼吸吸入土壤颗粒物这 3 种暴露途径。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。

各种污染物不同暴露途径贡献率如表 4.4-1~4.4-2 所示。

表 4.4-1 土壤暴露途径的致癌风险贡献率

污染物	经口摄入 (%)	皮肤接触 (%)	吸入土壤颗粒 (%)
砷	88.72	7.57	3.71

表 4.4-2 土壤暴露途径的非致癌风险贡献率

污染物	经口摄入 (%)	皮肤接触 (%)	吸入土壤颗粒 (%)
砷	82.16	6.03	11.82

5 毒性评估

毒性评估是在危害识别的基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。本次评估涉及到的污染指标毒性参数见表 5-1。本次毒性评估过程，关注污染物毒性参数优先选用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中附录 A 中相应污染物的毒性参数，如该导则缺少，则参考 2018 年美国环保局发布的区域土壤筛选值中相应的毒性参数。

表 5-1 关注污染物毒性参数一览表

参数	符号	单位	砷
CAS 编号	N	--	7440-38-2
类型	T	--	无机
分子量	MW	g/mol	7.49E+01
水中溶解度	S	mg/L	0.00E+00
蒸气压	Pv	mm Hg	0.00E+00
亨利常数	H	--	0.00E+00
经口摄入致癌斜率因子	SFo	1/(mg/kg/d)	1.50E+00
呼吸吸入单位致癌风险	IUR	1/(mg/m ³)	4.30E+00
经口摄入参考剂量	RfDo	mg/kg/d	3.00E-04
呼吸吸入参考浓度	RfC	mg/m ³	1.50E-05
参考剂量分配比例	RAF	--	2.00E-01
消化道吸收因子	ABS _{gi}	--	1.00E+00
皮肤吸收效率因子	ABS _d	--	3.00E-02
空气中扩散系数	D _{air}	m ² /s	0.00E+00
水体最大浓度限值	MCL	mg/L	1.00E-02
土壤-水分配系数	K _d	cm ³ /g	2.50E+01
辛醇-水分配系数	K _{ow}	--	4.78E+00
土壤-植物可利用校正因子	δ	--	5.00E+00
传输因子	TF	g/g	5.00E-01
EPA 毒性分级	--	--	A

表 5-2 关注污染物性质

名称	一般性质	毒性	致癌性	对人体健康影响
砷	无嗅，灰色易碎金属状晶体。加热时生成有毒烟雾。与强氧化剂和卤素激烈反应，有着火和爆炸危险。与酸反应生成有毒肿气体。	<p>阈限值： 0.01mg/m³（时间加权平均值），A1（确认的人类致癌物）；公布生物暴露指数（美国政府工业卫生学家会议，2004年）。最高容许浓度：致癌物类别：1；胚细胞突变类别：3A（德国，2004年）。</p>	是	<p>吸入：咳嗽，咽喉痛，气促，虚弱； 皮肤接触：发红； 食入：腹部疼痛，腹泻，恶心呕吐，咽喉和胸腔灼烧感，休克或虚脱，神志不清。 短期接触的影响：该物质刺激眼睛、皮肤和呼吸道。该物质可能对胃肠道，心血管系统，中枢神经系统和肾有影响，导致严重胃肠炎，体液和电解质流失，心脏病，休克惊厥和肾损伤。高于职业接触限值接触可能导致死亡。影响可能推迟显现。 长期或反复接触的影响：反复或长期与皮肤接触可能引起皮炎。该物质可能对粘膜、皮肤、末梢神经系统、肝脏和骨髓有影响，导致色素沉着病，角化过度症，鼻中膈穿孔，神经病、肝损害和贫血。该物质是人类致癌物。动物实验表明，该物质可能造成人类生殖或发育毒性。</p>

6 风险表征

按照《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）的要求针对污染物暴露途径

进行了风险表征。风险表征过程中提出的风险控制值这一概念是基于可接受致癌风险为 10^{-6} 及危害商为 1 的基础，到达风险控制值的场地基本能满足土地使用要求，不会对范围内的人体健康和动植物造成危害。

在计算场地风险水平时，用关注污染物浓度的最大值作为暴露点浓度，计算对应的风险水平。风险评估结果见表 6.3-1。

六价铬和砷的风险评估结果均超过了致癌风险可接受值 10^{-6} 和非致癌危害商 1。地块内土壤六价铬和砷的致癌风险水平和非致癌危害商都不可接受，需要开展该场地关注污染物修复目标值的计算，对后续场地污染土壤修复提供修复目标建议。

表 6.3-1 土壤致癌风险和非致癌效应计算结果

污染物	最大值 (mg/kg)	表层土壤	
		致癌风险	非致癌危害商
砷	89.4	2.37×10^{-4}	2.19

7 治理与修复建议

7.1 修复目标

将场地土壤风险评价后计算的风险控制值与国家筛选值、北京筛选值、EPA 筛选值、上海筛选值进行综合比较，考虑到国家筛选值在确定过程中已经充分考虑了相关风险因素，并充分考虑我国国情，本地块选择国家筛选值作为修复目标值。本地块土壤建议修复目标值见表 7.1-1 所示。

表 7.1-1 土壤风险建议修复目标值 (mg/kg)

污染物	理论计算风险控制值	国家筛选值 ¹	北京筛选值 ²	EPA 筛选值 ³	上海筛选值 ⁴	建议修复目标
砷	0.39	20	20	0.68	20	20
六价铬	0.38	3	30	0.3	5.1	3

1 指《土壤环境质量 建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第一类用地筛选值；

2 指《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中住宅用地筛选值；

3 指美国区域筛选值（2017.11）中居住用地筛选值；

4 指《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值（试行）》中敏感用地筛选值。

7.2 修复范围

7.2.1 修复范围确定原则

1、分层划定原则：根据本场地土层特征，在本地块具有风险的土层范围仅为填土层，填土层最大深度为 3m，根据污染物土壤分层调查结果，依据埋深划分为 0~1.5m 和 1.5m~3m。

2、分污染物划定原则：考虑不同的污染物种类和污染程度，本地块需修复的污

染物为砷和六价铬，因染物分布情况有所不同，确定污染物修复范围时分别进行划定。

3、清洁点原则：参考克里金插值法或反距离加权法计算得出的污染范围，以周边清洁点（未超过筛选值）划定最终修复范围。

7.2.2 各污染物修复范围

1、六价铬

六价铬超标点位均位于填土层，将杂填土分成第一层 0~1.5m 和第二层 1.5~3m。采用克里金插值法计算得到的六价铬在第一层 0~1.5m 超过建议修复目标的范围（及结合清洁点划定的修复范围。六价铬第一层（0~1.5m）修复面积约为 5165.36m²，修复土方量约为 7748.04m³。

采用克里金插值法计算得到的六价铬在填土层第二层 1.5m~3.0m 超过建议修复目标的范围及根据清洁点划定的修复范围，六价铬第二层（1.5m~3m）修复面积约为 1304.0m²，修复土方量约为 1956.0m³。

2、砷

砷仅在填土层表层有两个点位超标，采用反距离加权法计算得到的砷在填土层 0~1.5m 超过建议修复目标的范围及结合清洁点划定的修复范围。砷在填土层 0~1.5m 修复面积约为 2113.01m²，修复土方量约为 3169.52m³。

3、总修复范围

将填土层一层 0~1.5m 六价铬超标范围和砷超标范围重叠，得到土壤填土层一层 0~1.5m 总的修复范围。填土层一层的修复面积约为 5806.04m²，修复土方量约为 8709.06m³。

填土层二层（1.5m~3m）仅有六价铬超标，修复面积约为 1304.0m²，修复土方量约为 1956.0m³。

8 结论

初步及详细调查结果显示，土壤中六价铬最大值超过了建设用地土壤污染风险管控值，污染物含量超过风险管控值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施。土壤中铬和砷超过相应筛选值，存在一定的健康风险，需要启动健康风险评估工作。

因总铬的毒性主要来源于六价铬，本场地关注污染物六价铬和砷。第一类（敏感）用地类型下，人体健康风险评估结果均超过致癌风险可接受值 10⁻⁶ 和非致癌危害商 1。该地块内土壤关注污染物的致癌风险水平和非致癌危害商都不可接受。

本地块选择《土壤环境质量 建设用地土壤风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第一类用地筛选值作为修复目标值。本地块六价铬修复目标值为 3mg/kg，本地块

砷修复目标值为 20mg/kg。

根据修复目标，土壤第一层 0~1.5m 六价铬和砷的叠加修复范围 5806.04m²，修复土方量约为 8709.06m³；六价铬第二层（1.5m~3m）修复面积约为 1304.0m²，修复土方量约为 1956.0m³。

天津生态城环境技术咨询有限公司
本文件仅用于网上公示使用