

蓟州区原吉华化工厂地块
场地环境详细调查与风险评估报告

天津市浩瀚环境工程有限公司

2018年12月

1. 总论

1.1 项目背景

蓟州区原吉华化工厂地块位于蓟许铁路与北环路交口的西北侧，东至-乐营路，南至-蓟许铁路，西至-天津吉华复合肥有限公司，北至-铁路线，占地面积 94805.7 平方米。项目调查区域及周边早期为农田，1965 年调查区域的西侧建立了县化肥一厂（原吉华化工厂的前身），1997 年化肥厂改扩建，建立了原吉华化工厂，厂区范围扩展至调查范围。2009 年原吉华化工厂停产，2010 年厂区拆除后场地空闲至今。根据规划，该地块未来的用地性质为居住用地。

依据国家环境保护总局 2004 年 6 月发布《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），所有产生危险废物的工业企业、实验室和生产经营危险废物的单位，改变原土地使用性质时，必须对原址土壤进行污染监测分析和评估，并根据评估报告确定土壤是否需要修复。2012 年，环保部、工业和信息化部、国土资源部、住房和城乡建设部联合发布了《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发[2012]140 号文件）。环境保护部 2014 年发布了《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》（环发[2014]66 号），要求工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中应委托专业机构开展关停搬迁工业企业原址场地的环境调查和风险评估工作。

2016 年 12 月环保部发布了《污染地块土壤环境管理办法》（环保部令第 42 号），该办法于 2017 年 7 月 1 日其实施，办法要求对从事过有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革等行业生产经营活动，以及从事过危险废物贮存、利用、处置活动的用地开展的土壤环境详细调查、风险评估、风险管控、治理与修复及其效果评估等活动。

为确保《污染地块土壤环境管理办法》在天津市的顺利实施，天津市环保局结合 2017 年 6 月 30 日环保部、国土资源部、住房城乡建设部印发的《关于部署应用全国污染地块土壤环境管理信息系统的通知》（环办土壤〔2017〕55 号），发布了《市环保局 市国土房管局 市规划局 市工业和信息化委关于印发污染地

块再开发利用管理工作程序的通知》，要求对场地进行土壤环境调查，编制调查报告。

根据以上文件的要求，2018年3月，天津市蓟州区土地整理中心委托天津市浩瀚环境工程有限公司开展蓟州区原吉华化工厂地块场地环境调查工作。我单位接受委托后，组织技术人员对项目地块及其周围环境进行了实地勘查、监测和相关资料的收集、核实与分析工作，在此基础上，按照《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）及《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）所规定的原则、方法、内容及要求，于2018年3月～8月开展了本场地的调查及评估工作。2018年8月天津市浩瀚环境工程有限公司编制完成了《蓟州区原吉华化工厂地块场地环境初步调查报告》，并于2018年9月通过了天津市土地整理中心组织召开的专家评审会（专家意见详见附件1）。为进一步明确场地的污染范围与污染程度，天津市浩瀚环境工程有限公司开展了详细调查及风险评估工作，并编制完成了该场地的详细调查及风险评估报告。

1.2 调查目的和任务

长期以来，该场地所属企业在其生产过程中污染物的泄漏与排放可能会对环境带来一定的影响，造成场地土壤和地下水的环境污染，并在土地再开发利用过程中危害相关人群的身体健康。因此，本次场地调查的目的旨在通过对蓟州区原吉华化工厂地块场地进行污染调查和风险评估，明确场内污染物的种类、污染程度和污染范围，计算场地污染物对未来居住人员的健康风险，并以此为基础，计算确定该场地污染修复目标和修复范围，为该场地的污染治理和环境管理提供科学依据。具体目的如下：

（1）对场地土地利用现状、历史用途进行调查分析，识别并初步确认场地是否存在潜在的污染；

（2）通过对场地进行现场的布点采样和实验室的分析，确定场地中主要的污染物种类、污染程度和污染范围；

（3）根据场地的污染现状、水文地质条件及未来的土地利用规划，对场地进行健康风险评估，确定场地的风险状况；

(4) 根据场地的污染现状和风险评价结果，确定场地污染修复目标值和修复范围，推荐有效的场地修复对策与方法；

(5) 为有关部门了解场地环境现状、规划未来土地利用方面提供决策依据，避免场地内遗留污染物造成环境污染和经济损失，保障人民身体健康。

1.3 调查原则

(1) 针对性原则：针对场地的特征和潜在污染物特性，进行污染物浓度和空间分布调查，为场地的环境管理提供依据。

(2) 规范性原则：采用程序化和系统化的方式规范场地环境调查过程，保证调查过程的科学性和客观性。

(3) 可操作性原则：综合考虑调查方法、时间和经费等因素，结合当前科技发展和专业技术水平，使调查过程切实可行。

1.4 工作依据

1.4.1 法律法规及政策规定

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015.1.1）
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017.6.27）
- (3) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2015.8.29）
- (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016.11.7）
- (5) 《危险化学品安全管理条例》（2013.12.4）
- (6) 《国家危险废物名录》（2016 版）
- (7) 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作中的通知》（环办[2004]47 号）
- (8) 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发[2011] 35 号）
- (9) 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发[2012] 140 号）
- (10) 《近期土壤环境保护和综合治理工作安排》（国办发 [2013]7 号）
- (11) 《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》（环发[2014]66 号）

(12) 《市环保局关于场地环境调查与风险评估土壤风险筛选适用标准问题的通知》(津环保办秘函[2014]49号)。

(13) 《污染地块土壤环境管理办法》环保部令第42号

(14) 《关于部署应用全国污染地块土壤环境管理信息系统的通知》(环办土壤〔2017〕55号)

(15) 《市环保局 市国土房管局 市规划局 市工业和信息化委关于印发污染地块再开发利用管理工作程序的通知》(津环保土〔2018〕82号)

1.4.2 技术导则及标准

(1) 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)

(2) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018)

(3) 《地下工程防水技术规范》(GB 50108-2008)

(4) 《场地土壤环境风险评估筛选值》(DB11/T 811-2011)

(5) 《场地环境调查技术导则》(HJ 25.1-2014)

(6) 《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014)

(7) 《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)

(8) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(2014第78号)

(9) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)

(10) 《污染场地术语》(HJ 682-2014)

(11) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004)

(12) 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2017)

(13) 《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)

(14) 《供水水文地质钻探与管井施工操作规程》(CJJ/T13-2013)

(15) 《美国环保署(USEPA)3,6,9区的筛选值》(Preliminary Remediation Goals, PRGs, 2018.5)

1.4.3 其他资料

(1) 蓟州区原吉华化工厂地块场地环境初步调查报告(2018年8月)

- (2) 企业历史平面布置图及车间改建报审资料（1997 年）
- (3) 场地及周边区域规划文件（2018 年）

1.5 调查范围

蓟州区原吉华化工厂地块位于蓟许铁路与北环路交口的西北侧，东至-乐营路，南至-蓟许铁路，西至-天津吉华复合肥有限公司，北至-铁路线，占地面积 94805.7 平方米。

1.6 技术路线

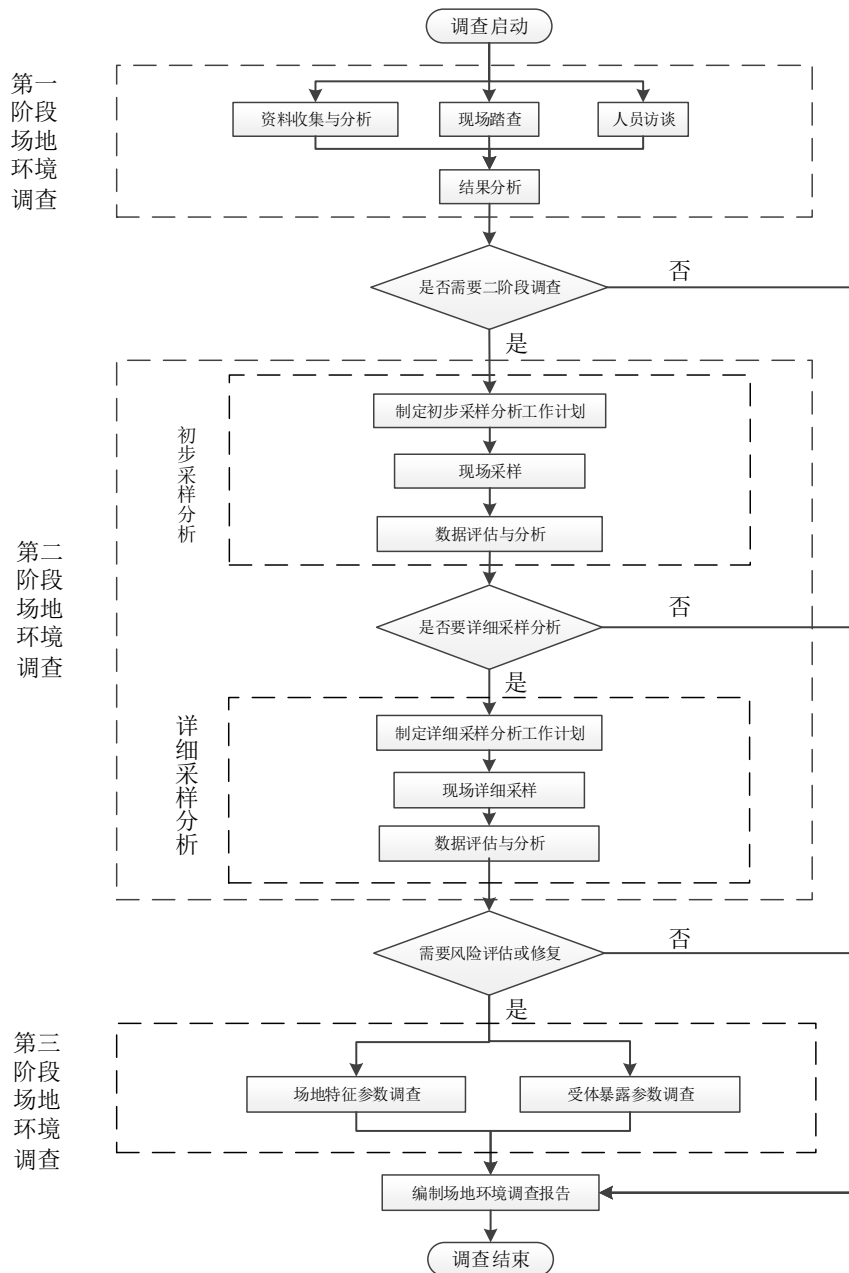


图 1-2 场地环境调查技术路线图

1.7 工作内容

根据《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014），场地环境调查主要包括三个阶段。第一阶段工作主要为资料收集分析、人员访谈与现场踏勘，第二阶段为场地环境污染状况确认——采样与分析，第三阶段主要为场地特征参数调查与补充取样。

第一阶段场地环境调查是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段，原则上不进行现场采样分析。若第一阶段调查确认场地内及周围区域当前和历史上均无可能的污染源，则认为场地的环境状况可以接受，调查活动可以结束。

第二阶段场地环境调查是以采样与分析为主的污染证实阶段，若第一阶段场地环境调查表明场地内或周围区域存在可能的污染源，或者由于资料缺失等原因造成无法排除场地内外存在污染源时，作为潜在污染场地进行第二阶段场地环境调查，确定污染物种类、污染程度和空间分布。该阶段通常可以分为初步采样分析和详细采样分析，每一步均包括制定工作计划、现场采样、数据评估和结果分析等步骤。初步采样分析和详细采样分析均可根据实际情况分批次实施，减少调查的不确定性。根据初步采样分析结果，如污染物浓度均未超过国家和地方等相关标准及背景点浓度，并且经过不确定分析确认不需要进一步调查后，第二阶段场地环境调查工作可以结束；否则认为可能存在环境风险，需要进行详细调查，详细采样分析是在初步采样分析的基础上，进一步采样和分析，确认场地污染程度和范围。

若场地需要进行风险评估或土壤修复时，则需要进行第三阶段场地环境调查。本阶段以补充采样和测试为主，获得满足风险评估及土壤和地下水修复所需要的参数，提出详细的污染程度评估及污染范围界定，并提出治理目标与推荐治理方案。本阶段调查工作可以单独进行，也可以在第二阶段调查过程中同时展开。

主要包括场地利用变迁资料、场地环境资料、场地相关记录、相关政府文件、场地所在区域自然和社会信息。

2. 场地概况

2.1 地理位置

蓟州区原吉华化工厂地块位于蓟许铁路与北环路交口的西北侧，东至-乐营路，南至-蓟许铁路，西至-天津吉华复合肥有限公司，北至-铁路线，占地面积94805.7平方米。调查区域及周边早期为农田，1965年调查区域的西侧建立了县化肥一厂（原吉华化工厂的前身），1997年化肥厂改扩建，建立了原吉华化工厂，厂区范围扩展至调查范围。2009年原吉华化工厂停产，2010年厂区拆除后场地空闲至今。

2.2 场地周边用地现状和历史

调查场地周边区域在历史上长期为农田，后陆续建立了天津市吉华复合肥有限公司（1965年成立）、县丽华针织厂（1994年成立）、廊坊重工电杆有限公司（1997年成立）、天津蓟县轻宇建筑材料厂（2001年成立）、大剪刀营水泥厂、混凝土搅拌站、长兴塑料包装厂和预制厂等工矿企业，另场地周边有多个居民区，包括石矿住宅、小剪刀营、电杆厂家属院和吉华公司生活区。

目前吉华公司生活区已废弃，吉华公司生活区西侧农田转为停车场使用，其余区域的使用情况未有变化。

2.3 自然地理概况

2.3.1 地形地貌

天津市在地貌上处于燕山山地向滨海平原的过渡地带，北部山区属燕山山地，南部平原属华北平原的一部分，东南部濒临渤海湾。总的地势北高南低，由北部山地向东南部滨海平原逐级下降，最高峰为蓟县九山顶，海拔1078.5m，最低处为滨海带大沽口，海拔高程为零。西部从武清永定河冲积扇尾部向东缓缓倾斜，南从静海南运河大堤向海河河口逐渐降低，地貌形态呈簸箕状。新构造运动使山区不断隆起上升，形成了以剥蚀为主的山地地貌，平原地区新生代以来大面积缓慢下降，接受巨厚的松散沉积层。

2.3.2 气象条件

项目所在地区属于暖温带季风型大陆气候，四季变化明显。年平均气温 14.2℃，历年最高为 15.2℃（2014 年），历年最低为 13.4℃（2010 年），其中 7 月份平均气温最高，为 27.9℃；1 月份平均气温最低，为 -1.6℃。年极端最高气温为 40.0℃，年极端最低气温为 -13.1℃。年平均降水量约为 523.6mm，年降水量≥0.1mm 的日数为 63.4 天，受季风气候影响，降水量年际差异较大，最多的年份降水量可达 736.5mm（2012 年）。天津日照时间较长，年日照时数为 2500～2900 小时。平均初霜日是 11 月 10 日，终霜日是 3 月 18 日，无霜期 236 天。所在区域主导风向为东北风，平均风速 1.9m/s。

2.3.3 地表水条件

蓟州区水系均属蓟运河水系，州河纵贯平原区，上游由淋河、沙河、黎河三条支流组成，一并汇入于桥水库，引滦入津后成为入津输水河道。北部源自河北省兴隆山区的沟河是山区唯一的河流，向西经平谷流向东南成为蓟县西南的界河，向东汇入蓟运河。

2.4 水文地质概况

2.4.1 区域水文地质特征

蓟州地区受第四纪晚期受海进海退影响，形成了海陆交互相沉积层。沉积的海陆交互相沉积层具有明显沉积韵律，各地层沉积厚度、沉积层位、岩性特征在不同地段虽有差异，但在成因上有明显的规律性。本区新生界第四系(Q)地层特征如下：

下更新统（Q₁）：底界埋深 267～425m，厚度 110～220 m。在基底断陷盆地的青淀洼、太和洼和宝坻县西部分布，主要为棕紫色砂砾石，厚度约 40 m。山前平原地区大部分缺失，上部以棕黄色为主，下部以棕红色为主，为冲积、冲湖积亚粘土、粉细砂层。

中更新统（Q₂）：在天津地区底界埋深 151～204m，厚 90～120m。上段为湖沼相粘土夹数层冲洪积相粗砂和中细砂；下段为棕灰、棕黄、杏黄色亚粘土和亚砂土，夹数层冲积细砂或粉砂，底部有 4～8 m 灰黄色中粗砂。

上更新统（Q₃）：底界埋深度约 60~87m，厚 42~66m，大体分为三个沉积旋回。各旋回自上而下为洪积、冲积、洼淀沼泽相沉积，岩性为褐黄、棕黄及灰色粗砂、中砂、细砂夹灰色粘土和黑灰色淤泥。

全新统（Q₄）：底界埋深度 6~20m，主要分布于河床、漫滩，下部为冲洪积中砂、细砂，上部为灰色黄灰色亚粘土和粘土。

2.4.2 场地地层分布状况

为了查明场地地层分布特征，本项目委托信息产业部电子综合勘查研究院开展了场地地质、水文地质调查工作，主要工作内容包括：①钻探并采集土壤样品，进行土壤样品的室内物理性质及渗透性试验，分析、查明场地地层成因年代、土层物理性质和空间分布的特征，提供各主要土层的室内物理性和渗透性试验成果和综合统计结果；②设置地下水监测井，量测地下水水位，并采取地下水样品；③分析、阐明工作范围内的水文地质条件，包括地下水埋藏、分布，地下水水位和补径排条件等；④根据相关试验结果，分析提供相应土层的渗透系数建议值。

根据本次勘察资料和《天津市地基土层序划分技术规程》(DB/T29-191-2009)，该场地埋深约 17.00m 深度范围内，按成因年代可分为以下 3 大层，按力学性质可进一步划分为 7 个亚层，现自上而下分述之：

1) 人工填土层（Q_{ml}）

全场地均有分布，厚度 0.80m~4.40m，底板标高为 24.01m~17.94m，该层从上而下可分为 2 个亚层。

第一亚层，杂填土（地层编号①₁）：厚度一般为 0.60m~4.40m，呈杂色，松散状态，由砖块、灰渣砾石水泥组成。其中在 s19、s25 号孔附近缺失该层。

第二亚层，素填土（地层编号①₂）：厚度一般为 0.40m~3.00m，呈褐色，稍密~中密状态，稍湿，粉质粘土质，含砖渣、小石子，属中压缩性土。仅在 s13、s19、s20、s21、s25、s27、s31、s32、s33、s37、s39 号孔附近分布。填垫年限大小于十年。

2) 第四系全新统冲洪积层（Q_{4^{apl}}）

厚度 1.20m~5.60m，顶板标高为 24.01m~17.94m，该层从上而下可分为 2 个亚层。

第一亚层，黏土（地层编号②₁）：厚度一般为 0.40m~3.90m，呈褐黄色，

可塑状态，湿，无层理，含铁质 4.7-6.5m 夹粉土，属中压缩性土。其中在 s7、s8、s10、s13、s15、s19、s21、s38、s39、s40、s41 号孔附近缺失该层。

第二亚层，卵石（地层编号②₂）：厚度一般为 0.50m~4.80m，呈杂色，中密~密实状态，无层理，湿，含粗砂，属中压缩性土。局部夹粉土透镜体。其中在 s14、s25、s27、s28、s29、s30 号孔附近缺失该层。

本层土水平方向上土质较均匀，分布稳定。

3) 第四系上更新统冲洪积 (Q₃^{apl})

本次勘察钻至最低标高 5.69m，未穿透此层，揭露最大厚度 10.00m，顶板标高为 19.60m~14.44m，该层从上而下可分为 3 个亚层。

第一亚层，粉质黏土（地层编号③₁）：厚度一般为 0.20m~4.90m，呈灰黑、灰黄色，可塑状态，无层理，含铁质，属中压缩性土。局部夹卵石透镜体。其中在 s3、s10、s23、s34、s36 号孔附近缺失该层。

需要说明的是在 9.00m 至 11.50m 之间存在一层灰黑色土体，有异味，厚度 1.00m 左右。

第二亚层，粉土（地层编号③₂）：厚度一般为 1.00m~4.80m，呈灰黄色，密实状态，无层理，湿，含铁质，属中压缩性土。仅在 s10、s12、s15、s16、s17、s2、s21、s23、s24、s25、s26、s28、s3、s34、s35、s36、s4、s6、s8 号孔附近分布。

第三亚层，粉质黏土（地层编号③₃）：本次勘察未穿透此层，揭露最大厚度 8.00m，呈灰黄色，可塑状态，无层理，湿，含铁质 11.9-12.7m 含粉土，属中压缩性土。局部夹粉土透镜体。

本层土水平方向上土质较均匀，分布稳定。

本次勘察所见地下水赋存在②₂卵石、③₂粉土层中。

2.4.3 区域及场地地下水赋存条件

调查场地所在区域地下水的天然动态类型为渗入~蒸发、径流型，补给方式主要包括大气降水入渗、地表水体渗漏和地下水侧向径流补给，排泄方式主要为蒸发、侧向径流及垂向越流。其动态主要受大气降水的影响，高水位一般出现在每年 7 月~9 月，10 月~来年 4 月为平水期，5 月~6 月地下水位相对较低。

现场勘探揭露的地下水情况表明：场地的第二层砾石层，是该场地地下水主要的赋存层，砾石层之下的粉土和粉质粘土互层为相对隔水层。该场地地表下 12.00m（地下水监测井最大设置深度）范围内分布一层地下水。

由 2018 年 3 月 12 日至 5 月 23 日统测地下水水位绘制的等值线图(图 2-14)可知，监测深度范围内。勘察期间场地内监测井静止水位标高为 18.009m~19.462m，场地地下水流向整体由东北向西南，场地水位最大高差 1.453m，水力梯度约为 7.0‰左右。

2.5 社会经济概况

蓟县，古称渔阳，春秋时期称为无终子国，战国时称无终邑，秦代属右北平郡，唐朝设蓟州。新中国成立后，属河北省辖县，1973 年 9 月划归天津市，相沿至今。蓟县位于天津市最北部，地处京、津、唐、承四市之腹心。全县总面积 1593 平方公里，下辖 26 个乡镇、一个城区街道办事处、949 个行政村、15 个居委会，总人口 96 万人。县内有国家重点文物保护单位 1 处，市级重点文物保护单位 5 处，县级重点文物保护单位 37，文物保护点 268 处，革命战争遗址和纪念地 160 多处。上元古界地层部面举世无双，千年古刹独乐寺独一无二，新石器时代遗址。夏商遗存，西周遗址，汉墓群，唐宋元辽墓葬，清王爷陵和太子陵等古遗迹。交通通讯十分便利。蓟县地处津、京、唐、承地区的交通要冲，京哈、津围、邦喜、宝平等 7 条干线公路、14 条县级公路、310 条乡村公路，纵横交织，四通八达，实现了“乡乡通公路，村村通油路”，京秦、大秦铁路横亘境内，津蓟铁路直抵县城，通讯设施完备，拥有邮电局、所 17 个。

自然资源比较丰富。除大量可供建筑用砂石料外，初步探明的金属、非金属矿藏达数十种。其中，大理石、花岗岩、海沧石、矿泉水和紫砂陶土，储量大、分布广，品位高，有较高的开采价值。干鲜果品主要有核桃、板栗、柿子、苹果、红果、梨、葡萄等，尤其是盘山柿子、燕山板栗、大棉球红果、黄崖关蜜梨、野生酸枣和猕猴桃，质优味美，驰名中外，享有盛誉。电力资源充足，有华北最大发电厂——盘山发电厂坐落境内。水资源丰富，全县共有小型水库 12 座，可养淡水水面 17.4 万亩。其中，于桥水库是天津市主要水源供应基地。野生动植物资源富集，野生植物达近千种，名贵及稀有植物 69 种，动物资源有脊椎动物 296 种，昆虫 420 种。在浩繁的动植物资源中，药用动植物达 427 种，是天津市最大

的野生中药材基地。

自然环境得天独厚。蓟县是天津市唯一的半山区县，也是天津市的“后花园”，有山有水，有平原有洼地，土壤肥沃，山清水秀，空气清新，水质优良，气候宜人，被列为全国生态示范县和全国首家绿色食品示范区，对于发展无污染、高品质、高效益的种养业、绿色食品加工业等极为有利。同时，蓟县境内自然风光秀丽，名胜古迹众多，现已形成盘山风景、黄崖关长城，翠屏湖度假、县城古文物、中上元古界标准地层剖面 and 八仙山原始次生林自然保护区等六大旅游景区。其中，盘山被列为国家级风景名胜区，八仙山和中上远古界标准地层剖面分别被列为国家级自然保护区。县城内还有国家重点保护的千年古刹——独乐寺和白塔寺、鼓楼、文庙、公输子庙、关帝庙、城隍庙、天仙宫等文物古迹。

2.6 土地利用历史、现状及未来规划

2.6.1 场地历史变迁情况

项目调查区域及周边早期为农田，1965 年调查区域的西侧建立了县化肥一厂（原吉华化工厂的前身），1997 年化肥厂改扩建，建立了原吉华化工厂，厂区范围扩展至调查范围。2009 年原吉华化工厂停产，2010 年厂区拆除后场地空闲至今。

2.6.2 场地现状情况

通过实地踏勘可知，该调查区域西侧被工厂拆除后的砖石块所覆盖，调查区域东侧被附近居民复垦为农田，种植玉米、红薯等农作物。调查区域东南角为临时停车场，用于停放挖掘机和大货车。

2.6.3 未来用地规划

根据规划蓟州区土地整理中心提供的区域规划，蓟州区原吉华化工厂地块位于天津市蓟县新城西部片区的东北角，大部分区域为居住复合用地。

2.7 场地地下水利用规划

本次调查过程中未获取到调查区域所在地的地下水利用规划，根据场地的所在位置和周边居民的生活情况，未见使用地下水；但基于谨慎考虑，本次调查区

域及其周边区域的地下水采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的 III 类标准进行评价，即以人体健康基准值为依据，主要适用于集中式生活饮用水水源及工、农业用水。

3. 场地污染识别

3.1 概述

通过资料收集、现场踏勘及对相关人员进行访谈等方式，了解场地生产历史，功能区布局、场地周边活动等，识别潜在污染区域以及对周边环境的影响，并初步分析场地土壤及地下水中可能存在的污染物，为确定场地布点采样和测试分析提供依据。

调查区域早期为农田，1965 年调查区域的西侧建立了县化肥一厂（天津吉华化工有限公司的前身），生产产品为碳酸铵。1997 年进行尿素技术改造，扩建并更名为天津吉华化工有限公司，厂区范围扩展至目前调查范围以及西侧的天津吉华复合肥有限公司。技改后公司占地 15 万平方米，有员工 1800 多人，固定资产 6 亿元，年销售收入 12 亿元。公司主要产品为“吉华”牌尿素和尿基复合肥。复合肥系列产品有小麦、水稻、玉米、果树、蔬菜等 10 余种专用肥料。至 2002 年原吉华化工可合成氨 8 万吨/年，生产尿素 12 万吨/年。

2009 年原吉华化工厂停产，2010 年厂区拆除后场地空闲至今。根据规划，该地块未来的土地利用方式为居住用地。

3.2 场地污染源及污染排放分析

原吉华化工厂使用的原料辅料主要为煤、水、空气和润滑油，产品为碳铵、甲醇和尿素。本次调查获取有关吉华化工厂主要的生产工艺资料主要来源于对原企业管理人员的访谈和蓟州区城建档案馆，资料不足之处参照了国内氮肥厂的相关生产工艺，以此确定了原吉华化工的工艺及对应的车间。

3.2.1 半水煤气制备与净化

半水煤气制备与净化的车间包括锅炉房及东西两侧的罩棚、锅炉房南侧的露天造气塔和净化塔。采用煤气发生炉制备半水煤气，为了提高热效率，均采用回收吹风热量和上吹煤气显热的流程。从上吹开始送入空气至下一次再送入空气时止，包括五个阶段，即吹风阶段、上吹制气阶段、下吹制气阶段、二次上吹制气阶段、空气吹净阶段，称为一个工作循环。

(1) 吹风操作

由风机送来的空气从炉底吹入煤气炉中，空气中的氧与碳燃烧生成含氮和二氧化碳、少量一氧化碳的混合气体，放出热量提高了燃料层温度。为了回收一氧化碳的反应热，将吹风气送入燃烧室，同时在燃烧室内加入二次空气。吹入气中的一氧化碳与二次空气在燃烧室内燃烧释放出的热量由燃烧室蓄热砖吸收，同时吹风气中的部分细尘沉降在燃烧室锥底。吹风气经过废热锅炉回收显热后由烟囱排至大气层。

(2) 一次上吹制气操作

吹气后的燃烧层已具有很高的温度，蒸汽与来自鼓风机的加氮空气混合由炉底加入，由灰渣层预热后进入气化区与碳反应生成半水煤气。半水煤气自炉顶进入燃烧室（此时不加二次空气）和废热锅炉回收显热后，经洗气箱和洗气塔除尘降温后送入碱洗脱硫工段。

(3) 下吹制气操作

只进行上吹制气，由于气化剂温度较低且气化反应大量吸热，致使气化层底部温度显著下降，有造成熄火的可能。另一方面，气化层变薄后，燃料层上部温度不断被高温煤气加热，气化层上移，煤气炉上部温度升高，煤气带走的显热损失增加。因此，改变吹气方向即下吹制气是避免上述现象发生的有效方法。下吹制气操作是将混合的蒸汽与加氮空气送入燃气室内进行预热后，从煤气发生炉顶部送入燃料层至气化层。反应生成的半水煤气经过灰渣层，一部分热量被灰渣层吸收后从炉底排出，提高了热效率。半水煤气经洗气箱和洗涤塔除尘和降温后送入碱洗脱硫工段。

(4) 二次上吹制气操作

二次上吹制气操作过程与上吹制气操作过程相同。由于在下吹制气操作完成后，燃料温度下降幅度很大，需要进行吹风操作加以提高炉温。但由于刚刚结束的下吹制气操作，煤气炉下部及燃料层残存着大量的半水煤气，立即吹风有可能发生爆炸。因此，采取二次上吹制气操作是为了用空气置换炉底的半水煤气。

(5) 空气吹净操作

二次上吹后，煤气炉上部空间及管道充满半水煤气。在炉内通入空气吹净是为了回收产品和防止爆炸。吹净气经燃烧室（不加二次空气）、废热锅炉、洗气箱及洗气塔除尘降温后送入碱洗脱硫工段。

制成的半水煤气的主要成分是一氧化碳和氢气，还含有大量的粉尘、可燃烧

的甲烷、焦油、酚等其他物质。半水煤气通过洗气箱和洗气塔净化后进入碱洗脱硫工段，净化过程中产生的废水进入废水处理设施，废渣外运至发电厂。

该工段产生的污染物主要为锅炉烟气、粉尘和洗气废水，其中烟气和粉尘中的重金属和多环芳烃类污染物沉降于地表，可能造成表层土壤和地下水污染；洗气废水中含有焦油、酚类物质，在储运过程中可能造成表层和浅层土壤的污染。

3.2.2 碱洗脱硫

碱洗脱硫在脱硫车间完成，采用喷淋湿法脱硫方式，用稀氨水作为吸收液去除半水煤气中的硫化物。半水煤气进入一个下部为空塔，上部有一段填料结构的脱硫塔，净化的气体经分液罐分离液滴后进入气柜。由吸收塔出来的溶液进入储液罐中循环使用。吸收液经多次循环近饱和后，排放失效的吸收液并补充新的稀氨水并。外排的吸收液主要成分为硫化氨，作为工业原料出售。

该工序主要产生的污染源为废循环液，污染物为硫化氨、硫氧化碳和二硫化碳等，在废循环液的储运过程中，可能造成表层和浅层的土壤和地下水污染。

3.2.3 CO 变脱

CO 变脱过程在变脱车间完成，气柜中的半水煤气由压缩机加压至 2MPa 后进入饱和塔，与塔顶喷淋下来的 170°C 热水逆流接触，从饱和塔顶出来的半水煤气被加热到 160°C 左右，并带出一定数量的水蒸汽，再从外界往气体中添加一部分蒸汽，使蒸汽与煤气之体积比达到 1: 1.1，然后进入高温变换热器的管间，将湿煤气加热到 350°C，进入变换炉上段进行 CO 变换反应。从变换炉上段出来的 460°C 变换气，进入换热器，使变换气的温度降至 410°C，送入变换炉下段进行变换反应。变换炉出来的变换气温度为 420°C，换热后温度降至 250°C，再经水加热器冷却至 200°C 后进入热水塔。变换气在热水塔内与自上而下的热水逆流接触，使气体温度降至 150°C，送至脱 CO₂ 工序的变换气再沸器。

该工序无明显污染物产生。

3.2.4 CO₂ 脱除

该工序在净化车间完成，采用低温甲醇洗涤法分离原料氧化气中的二氧化碳、硫化氢、有机硫、氰化氢等多种杂质，并能分别回收高浓度的二碳和硫化氢。

经变换后气体中一般含有 18~35%的二氧化碳，压力约 2.5MPa，在预冷器

中被净化气和二氧化碳气冷却到 -20°C 后，进入吸收塔下部。在此与由吸收塔中部加入的 -75°C 甲醇溶液逆流接触，大量二氧化碳被吸收。由于二氧化碳溶解时放热，塔底部排出的甲醇溶液（称为富液）温度升到 -20°C 。将该溶液送到闪蒸器解吸出所吸收的氢氮气，并用压缩机送回原料气总管。甲醇溶液由闪蒸器进入再生塔，经两级减压再生。第一级在常压下再生，再生气中二氧化碳浓度在 98%以上，经预冷器与原料气换热后回收利用；第二级在真空度为 20KPa 下再生。在此条件下，可将所吸收的二氧化碳大部分放出，得到半贫液。由于二氧化碳解吸吸热，半贫液的温度降到 -75°C ，经泵加压后重新进入吸收塔中部，循环使用。

分离出来的 CO_2 进入二氧化碳压缩车间，作为尿素的生产原料使用。

原料气中残留有硫化氢、硫氧化碳和二硫化碳，在 CO_2 脱除过程中也会溶解在甲醇溶液中。甲醇溶液在设备运行过程中的洒漏可能造成土壤和地下水污染，主要的污染物包括甲醇、硫化氢、硫氧化碳和二硫化碳。

3.2.5 碳铵合成

在氨合成过程中会产生含氨的废水，为了最大限度的利用其中的氨，设立了碳化车间，利用净化后的二氧化碳和含氨废水生产碳酸氢铵。该工序在碳化车间的碳化塔中完成，来自净化工段的 CO_2 气体从底部进入碳化塔，氨水经氨水泵从顶部打入碳化塔氨水贮槽，在塔内生成含晶体 40~60%的碳酸氢钠悬浮液。悬浮液靠塔内压力压入稠厚器，经离心机分离后，得固体碳酸氢铵成品，由底部下料斗卸出，包装后入库。

该工段产生的污染物为氨，可能对表层和浅层土壤造成污染。

3.2.6 联产甲醇

碳铵合成工序后，原料气中仍残留有 CO_2 和 CO ，为了最大限度的降低铜洗精炼工段的压力，同时最大限度的利用原料气中的碳，采用联产甲醇工艺进一步去除原料气中的 CO_2 和 CO ，同时可得到甲醇副产品。该工艺在精炼/合成车间完成。原料气进入合成罐后，经铜基催化剂催化，在 $260\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、 $10\sim 13\text{MPa}$ 下催化合成。该工序主要产生的污染物为甲醇以及催化合成的副产物（醇类为主），在合成和精制过程中可能产生土壤和地下水污染。

3.2.7 铜洗精炼

铜洗精炼在精炼/合成车间完成，铜洗流程由吸收和再生两个部分组成。脱碳后的原料气压缩后，经过油水分离器除去油分，从下部进入铜洗塔，气体在塔内与塔顶喷淋下来的铜氨液逆流接触，CO、CO₂、O₂及H₂S被铜氨液吸收，精制后的气体从塔顶出来，经铜氨液分离器除去夹带的铜氨液，再用碱液或氨水吸收CO₂后送往压缩。

铜氨液用泵和水力透平加压后，进入铜洗塔，吸收了CO等气体后，经水力透平或能量回收机减压后，送至回流塔顶部，向下喷淋，吸收了大部分再生气中的氨和热量，释放出大部分CO。流出回流塔后经两条路线进入还原器，铜氨液铜低时，减少铜氨液在还原的停留时间。铜氨液向上流过还原器，经上加热器进入再生器，使CO、CO₂充分解吸，流过再生器的铜氨液，经过水冷、氨冷，补充氨，用空气调节铜比后，循环使用。

生产过程中主要的污染源是铜氨溶液的泄露，可能造成表层和浅层的土壤和地下水污染。

3.2.8 氨合成

该工段在精炼/合成车间和氮氢气压缩厂房完成，由氮氢气压缩机送来的35~45℃的原料气，在油分离器中与循环机来的循环气混合，并除出气体中的油、水及其杂质。而后，混合气体进冷交换器上部换热器管内，与冷交换器下部来的冷气体进行换热回收冷量，热气体被冷却至20℃，然后进入氨冷器。

气体在管内流动，液氨在管外蒸发，由于氨大量蒸发吸收了混合气的热量，使管内气体进一步被冷却至-10~-18℃，出氨冷器后的气液混合物，在冷交换器的下部用分离器将液氨分离。分氨后的循环气上升至上部换热器壳程被热气体加热至25℃后出冷交换器。然后气体分二股进入合成塔，一股主线经主阀由塔顶进入塔内环隙，另一股副线经副阀从塔底进入塔内中心管，以调节催化剂层温度。入塔气氨含量为3~3.5%。反应换热后温度降为140~160℃，氨含量13%的反应气体出合成塔进入水冷器，气体经水冷器冷至常温，其中部分气氨被冷凝，液氨在氨分离器中分出。为降低惰性气体含量，保持循环系统中一定量的惰性气体，循环气出氨分离器后部分放空，然后进循环机增压后送往油分离器从而完成一个循环。该工序无明显污染物产生。

3.2.9 尿素合成

尿素的合成在尿素合成车间完成，在造粒塔完成结晶固化，在包装车间包装。尿素合成的主要设备包括：合成塔、气提塔、高压冷凝器 and 高压洗涤器。从二氧化碳压缩车间输送的 CO_2 (14.3MPa) 和液氨罐区输送的 NH_3 (16MPa) 分别用两条管线送入合成塔底，物料从塔底升到塔顶，设计停留时间约 1 小时。二氧化碳转化率可达 56~58%，相当于平衡转化率的 90%以上。

尿素合成反应液从塔内上升到正常液位，温度上升到 $183^\circ\text{C}\sim 185^\circ\text{C}$ ，经过溢流管从塔下出口排出，经过液位控制阀进入气提塔上部，再经塔内液体分配器均匀地分配到每根气提管中。由塔下部导入的二氧化碳气体，在管内与合成反应液逆流相遇。管间以蒸汽加热，合成反应液中过剩氨及未转化的甲铵将被气提蒸出和分解，从塔顶排出，尿液及少量未分解的甲铵从塔底排出。从气提塔底排出的液体，含有 15%的氨和 25%的二氧化碳，含缩二脲约 0.4%。

从气提塔顶排出 $180^\circ\text{C}\sim 185^\circ\text{C}$ 的气体，与新鲜氨及高压洗涤器来的甲铵液在约 14.0MPa 下一起进入高压甲铵冷凝器顶部。高压甲铵冷凝器是一个管壳式换热器，物料走管内，管间走水用以副产低压蒸汽。根据副产蒸汽压力高低，可以调节氨和二氧化碳的冷凝程度，控制冷凝量在约 85%，保留一部分气体在合成塔内冷凝，以便补偿在合成塔内甲铵转化为尿素所需热量，而达到自热平衡。

从合成塔顶排出的气体，温度约为 $183^\circ\text{C}\sim 185^\circ\text{C}$ ，进入高压洗涤器。在这里将气体中的氨和二氧化碳用加压后的低压吸收段的甲铵液冷凝吸收，然后经高压甲铵冷凝器再返回合成塔，不冷凝的惰性气体和一定数量的氨气，自高压洗涤器排出高压系统，经惰性气体放空筒放空。

尿素溶液的浓缩蒸发是指尿素溶液吸收热量使溶液中水汽化逸出，得到较浓尿素溶液的过程。采用真空蒸发工艺将尿素浓缩到 98~99.8%

由蒸发系统来的被浓缩的尿素熔融物料 ($130\sim 140^\circ\text{C}$ ，含水分约 0.3%)，自造粒塔顶部旋转喷头的小孔喷出形成射流。每条射流沿着同一个抛物面形成螺旋线形状降落。射流在降落运动中很快断裂成滴，并被逆流的冷空气所凝固和降温。这个过程可分三个阶段。开始是液态的颗粒冷却阶段，由于喷出的温度只比凝固点高几度且与空气温度差较大，故该阶段所需落程极短。而后液滴释放凝固热，由液态变为固态进入第二阶段。落程约需 25~45 米。第三阶段是固态颗粒冷却

过程，为得到较低出塔温度也需较长的落程。塔底由刮料机或漏斗集料于底部的运输皮带上，运往散装仓库或包装车间。

该工艺产生的污染物为氨和尿素，在尿素的合成和加工过程中原料及产品的洒漏可能造成土壤和地下水污染。

3.2.10 液氨库、甲醇罐及冷却设备

液氨库用于存放氨合成的产品，甲醇罐存放甲醇，均为地上储罐，在存放和运输过程中可能造成土壤和地下水污染。

原吉华化工厂设有循环水泵房和 3 个冷却塔，用于制冷和热交换，在运行过程中冷却水可能与生产原料接触而含有氨、尿素等物质。在循环过程中冷却水的洒漏可能对土壤和地下水产生污染。

3.2.11 生产辅助车间

生产辅助车间包括废水处理设施、热处理厂房、维修车间、铆焊车间、脱盐水车间、氮氢气压缩厂房、冷冻车间、电气仪表间和配电室。

(1) 废水处理设施：位于调查区域的西南角，包括平流沉淀池、集油池、泵房等构筑物。进入废水处理设施的洗气废水，通过集油池去除焦油后，再经过平流沉淀池加药（铁、铝类金属盐）絮凝沉淀，上层清液经管道排放至厂区外，絮凝沉淀物脱水后同废渣外运至发电厂。

废水中含有一定量的粉尘、焦油和酚类废水，废水在处理过程中可能通过池体裂隙和管道接口渗入浅层和深层土壤，造成土壤和地下水污染。

(2) 热处理厂房、维修车间和铆焊车间：用于组装、制作和维修生产设备零部件，使用的设备包括车床、铣床、烧结炉等，主要产生的污染物为废矿物油（包括废润滑油、废切削液等），在处置过程中可能造成土壤污染。

(3) 脱盐水车间：采用膜处理工艺多层过滤方法制备脱盐水，在生产过程中产生的浓盐水用于清洗设备，定期更换的膜组件外运处理。除盐水车间无明显污染物排放。

(4) 氮氢气压缩厂房和冷冻车间：使用的设备为空压机，主要产生的污染物为废矿物油（废润滑油）。

(5) 电气仪表间和配电室未设有变压器，无明显污染物产生。

3.3 污水管网分布情况

经调查与核实，该场地的污水管网及产品输送管线均为架空空中管线，不存在地下管线设施。

3.4 场地周边污染源对场地的污染影响分析

场地东侧为小剪刀营，为居民居住区，调查区域的西、南和北侧在历史上为农田，后建立了天津吉华复合肥有限公司，天津蓟县轻宇建筑材料厂，廊坊重工电杆有限公司，大剪刀营水泥厂，混凝土搅拌站，具体位置如图 2-2 所示。本区域的主导风向为东北风，地下水流向整体自东北向西南。主要污染企业的生产情况如下：

3.4.1 天津吉华复合肥有限公司

天津吉华复合肥有限公司为天津吉华化工有限公司的分公司，成立于 1965 年，主要业务是生产和销售复合肥。其生产复合肥的原料（氮、磷和钾肥）均为外购。外购的原料根据一定的配比送入造粒机造粒，颗粒状的复合肥在烘干机烘干后自然冷却，再装袋保存。该企业在生产过程中无明显污染物产生，不会对调查区域产生影响。

3.4.2 天津蓟县轻宇建筑材料厂

天津蓟县轻宇建筑材料厂主要经营水泥构件（只限砖、瓦、管），隔墙板制售。其生产原料为外购的建筑水泥废料，通过原料粉碎、水泥搅拌和构件定型等工序制成产品。在生产过程中主要的污染物为粉尘，而这些粉尘中又含有部分重金属，但因其在本调查场地的上风向，因此该厂的生产活动对调查场地的环境质量影响不大。

3.4.3 廊坊重工电杆有限公司

1997 年 12 月成立，主要生产水泥电杆，生产原料包括：钢筋、砂子、碎石和水泥，生产工艺为：

(1) 首先将准备好的钢筋，用钢筋调直切断机进行按规定的长度调直后切断；

(2)准备水泥电线杆模具,把调直后的钢筋同时用细钢丝盘成罗圈的纬线,环绕着作为纬线的钢丝,结合的地方用铁丝绑牢。然后按一定的水泥、砂子、碎石比例进行调和,浇注满;

(3)当浇注满水泥以后,盖上上面的模具,确认两侧缝隙较小或者闭合后,最后两头用嘟嘴塞上,防止水泥外流;

(4)用吊钩将水泥杆模具调至离心机上,通过离心机的高速旋转将水泥均匀的贴至模具内壁四周;

(5)通过龙门吊,放置在半地下的大容器里面,用高温蒸汽蒸水泥电杆一段时间,加速水泥的固化。经过高温蒸之后,水泥电杆基本凝固达到 95%,基本成定型。

(6)成型后,用龙门吊吊下来,把两头的堵嘴取下来,得到成品水泥电杆。

该厂的生产活动会产生一些金属粉末及部分用于冷却的废水,主要污染物为重金属和有机溶剂。由于本场地位于该产区主导风向的下风向和地下水下游,可能对本场地有一定影响。

3.4.4 大剪刀营水泥厂

该厂主要从事采石加工业务。调查区域北侧的山有采石活动,通过开山所采集的石块,运送至该厂进行进行粉碎加工,加工产品为小碎石。同时也存在部分水泥生产,故主要的污染物为重金属粉尘。由于位于场地主导风向的上风向,该厂的生产活动可能会通过大气传输及干湿沉降影响到该场地,造成场地土壤污染。

3.3.5 混凝土搅拌站

该混凝土搅拌站现已废弃,为挖掘机、大货车和各种大型机械设备的存放区,考虑到其历史生产活动可能会产生重金属粉尘,结合区域主导风向,该企业的生产活动可能会通过大气传输及干湿沉降影响到该场地,造成场地土壤的污染。

通过对调查区域周边企业的分析,由于这些生产企业距离场地较近,且长期生产,其排放的污染物有可能会对场地的土壤和地下水产生影响。其影响主要在土壤方面,由于区域主导风向为东南风,因此其场地东南侧的大剪刀营水泥厂和混凝土搅拌站的金属粉末污染物的排放可能会通过大气传输及干湿沉降影响到该场地,造成场地土壤的污染。

3.5 现场踏勘与人员访谈

3.5.1 现场探勘

现场踏勘包括场地内及场地周边区域，需要明确场地现状及历史状况，描述区域地质、水文地质条件。重点了解有毒有害物质的使用、处理、储存、处置，生产过程和设备，储罐、管线等分布状况。

安全防护准备：在现场踏勘前，依据场地的具体情况掌握相应的安全卫生防护知识，并装备必要的防护用品。

现场踏勘的范围：本次现场踏勘的范围以场地内为主，同时，根据场地污染可能迁移的距离将场地的周边区域也划入本次场地踏勘的范围中。

本次现场踏勘的主要内容包括：

场地的现状与历史情况：包括可能造成场地土壤和地下水污染的物质的使用、生产、贮存等。三废处理与排放以及泄漏状况，及场地过去使用中留下的可能造成土壤和地下水污染的异常迹象，如罐、槽泄漏以及废物临时堆放污染痕迹等。

通过历史图件的分析 and 实地走访，该场地及相邻区域早期为农田，1965 年调查区域西侧建立了县化肥一厂，后扩建至整个调查区域并更名为天津原吉华化工有限公司。2009 年天津原吉华化工有限公司停产并被拆除，之后场地空闲至今。

地质、水文地质和地形的描述：了解场地及其周边区域的地质、水文地质与地形特点，以便分析场地周围污染物是否会迁移到调查场地，或判断场地内污染物是否会迁移到地下水和场外区域。

调查范围内的历史生产企业曾使用过有毒有害物质，且该区域现为平地，部分区域有草木覆盖，场地东侧有玉米等农作物种植，东南角为临时停车场，用于停放挖掘机和大货车。故本次现场踏勘的重点包括：现存停车场临建的使用情况、原企业拆除后旧厂房地基的留存状况、地表颜色异样处。

现场踏勘的方法：通过对异常气味的辨识，异常土壤表面的观察，利用照相机、GPS 等初步判断记录场地污染的状况。

通过现场勘查可知，目前该地块场区内原有企业已拆迁完毕，未发现土壤污染痕迹，土壤没有异色，也没有异味。场区内未发现任何储罐，也未发现场地内存在排污沟渠。

3.5.2 人员访谈

访谈内容：人员访谈内容应包括资料收集和现场踏勘所涉及的疑问，以补充和完善相关资料和信息。

访谈对象：访谈对象为场地现状或历史的知情人，包括：场地管理机构和地方政府的官员，环境保护行政主管部门的官员，场地过去和现在各阶段的使用者，以及场地所在地或熟悉场地的第三方，如相邻场地的工作人员和附近的居民。

访谈方法：可采用当面交流、电话咨询、电子或者书面调查表等方式进行。本项目实施过程中主要采用当面交流的方式对相关人员进行访谈。

内容整理：对访谈内容进行整理，并对照已有资料，对其中可疑和不完善处进行核实和补充。

3.6 场地概念模型

3.6.1 场地主要污染源及污染物

初步判断，吉华化工厂场地内的主要主要污染源及其污染物情况如下：

(1) 煤场、锅炉房、造气区域：主要污染源为煤堆存区及水煤气制备区，煤堆放区的主要污染物为重金属和氟化物，水煤气制备区的主要污染物为SVOCs、焦油、酚类；

(2) 脱硫变脱区域：主要污染源为脱硫设备，主要污染物为硫化物和氨；

(3) 净化、碳化区域：主要污染源为碳铵合成设备及净化车间；主要污染物为甲醇、硫化物及氰化物；

(4) 二氧化碳压缩区域：主要污染源为生产装置区，主要污染物为石油类；

(5) 甲醇生产区域：主要污染源为精炼合成车间及甲醇车间，主要污染物为铜、氨和甲醇

(6) 尿素合成区域：主要污染源为尿素合成车间及造粒塔，主要污染物为尿素和氨；

(7) 污水处理区域：主要污染源为污水处理池，主要污染物为酚类、石油类和氨；

(8) 维修、铆焊车间：主要他污染物为石油类；

(9) 周边污染源：大剪刀营水泥厂和混凝土搅拌站的金属粉末污染物的排

放也会通过大气传输影响到场地。疑似污染物主要为重金属。

3.6.2 污染迁移途径

经分析，本场地土壤和地下水的污染途径主要包括以下三个方面：

（1）污染物遗撒和渗漏引起的水平和垂直迁移造成的污染

主要包括生产过程的跑、冒、滴、漏，原料和产成品储存过程及固体废弃物临时存放过程的遗撒和渗漏和污水处理设施的渗漏等过程。污染物的遗撒和渗漏会造成场地表层土壤的污染，然后再通过雨水的淋溶下渗，向下迁移至深层土壤和地下水，造成土壤和地下水的污染。地下水中的污染物还会在水流作用下通过弥散、扩散等迁移造成污染范围的扩大。

（2）大气污染物干湿沉降造成的污染

厂区的生产过程中产生大气污染物及周边企业产生的重金属粉尘的无组织排放和组织排放，这些污染物因干湿沉降会降落至下风向地面，长此以往将引起地表土壤污染，再通过污染物的垂直迁移污染深层土壤和地下水。场外大气污染源的污染物排放同样也会通过该迁移途径影响到下风向的场地。

（3）土壤和地下水中挥发性污染物的再扩散

在场地受到挥发性污染物污染情况下，场地局部区域的污染物会因其挥发作用生产水平和纵向迁移，造成污染范围的进一步扩大或再分布，或重新逸出地表。对于砾石层和地下水中的挥发性有机物的分布尤为如此。本场地可能存在挥发性污染物污染，且存在较厚的砾石层，因此很有可能出现上述情况。

3.6.3 受体及暴露途径分析

由于本场地未来土地用途为居住，因此其未来规划使用条件下污染物的主要受体应是场地及周围的居民，应具有以下风险暴露途径：

（1）皮肤接触：生活在地面上的人员通过直接接触污染土壤（皮肤接触）引起污染物暴露。

（2）经口摄入：生活在该场地上的人员意外摄取（如吞食）含污染物的土壤引起污染物暴露。

（3）颗粒物经口吸入：生活在该场地上的人员通过吸入含污染土壤粉尘引起污染物暴露。

(4) 室外蒸汽吸入：生活在该场地上的人员通过吸入室外空气中的挥发性污染物气体引起污染暴露。

(5) 室内蒸汽吸入：生活在该场地上的人员通过吸入挥发侵入室内空气中的挥发性污染物气体引起污染暴露。

3.7 污染识别结论

通过对原吉华化工厂场地生产历史、主要原辅材料利用、生产工艺、污染物排放和处理等资料的分析，初步确认该场地存在疑似污染。

(1) 主要污染途径：包括物料储存、运输、加工过程中的跑、冒、滴、漏，污水处理设施的渗漏，大气污染物的干湿沉降等过程。该过程可能造成场地表层土壤的污染，并通过污染物的纵向迁移污染深层土壤和地下水。

(2) 主要污染源及污染物：主要污染源包括场地各生产时期的生产装置、储罐、原辅材料库、污水处理区等；本场地中的污染物种类主要包括：重金属、SVOCs、氟化物、氰化物、硫化物、氨、甲醇、石油类和尿素等。

(3) 主要污染介质：主要为表层土壤，但由于污染物在土壤中的纵向迁移作用，长此以往，表层土壤中的污染物会逐渐进入深层和地下水中，导致深层土壤和地下水的污染。

(4) 根据污染识别结果，按照国家相关规定，应开展进一步的采样与分析，确认场地中污染物的种类、污染程度和分布情况。

4. 场地污染确认

本场地污染确认阶段的采样监测分两个阶段进行。第一阶段为初步调查，该阶段的主要任务是在场地第一阶段污染识别基础上，通过现场勘探及土壤、地下水样品的现场采集和样品测试，确认场地污染物的种类和污染程度。另外，为探查本场地的水文地质状况，为后续可能进行的场地风险评价提供所需的土壤参数，本次调查在采样同时，选择了典型采样点根据场地的土层分布特性采集了主要地层的原状土壤和扰动土壤样品，开展了室内土工试验，对土壤的物理性质、渗透性、pH值和有机物等指标进行了分析测定。

4.1 场地初步调查

场地初步调查采样工作分四次进行，分别为2018年3月5日至3月8日、2018年4月26日至4月28日、2018年5月7日至5月11日及2018年5月14日至5月16日。具体情况如下：

4.1.1 采样点设置

4.1.1.1 布点依据

根据国家发布的《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（2014第78号）及本项目污染识别结果，确定初步调查的采样点布点。

4.1.1.2 布点原则

（1）土壤布点原则

平面布点：为了确认场地土壤是否存在污染，本项目将充分利用前期的场地污染识别成果，在场地的疑似污染区进行布点。具体方法是：按照原场地的使用功能将其划分成重点关注区、一般重点关注区和一般区域，再根据各区的疑似污染情况确定场地土壤采样点的布点位置和布点密度。其中，锅炉房/造气区域、脱硫区、污水处理站区域和铜洗精炼/氨合成区域是本场地调查的布点重点，同时煤场、尿素合成区域、原料气除碳区域、甲醇和液氨储存区、氨氢气压缩区和循

环水区也是本次场地调查的重点。除此之外，为初步了解一般区域的污染状况，也需要在该区域内进行适量布点。

深层布点：为确认污染物在场地土壤中的垂直分布情况及污染深度，本项目调查将分层采集土壤样品，包括表层土壤样品和深层土壤样品。具体的采样层次和采样深度则需根据场地土层的分布和岩性特征、污染源的位置（地上或地下）、污染物在土壤中的垂直迁移特性、地面扰动情况等因素决定。原则上，表层土壤样品在 0~1.5m 范围内采集；深层土壤样品依据本场地污染识别阶段对场地土层分布相关资料的分析、结合场地勘探过程每个采样点土层分布的实际情况进行采集，至少每个大层采集一个土壤样品；当同一土层厚度超过 2m 时，至少每 2m 采集一个土壤样品。具体的采样位置根据土壤的颜色、气味等相关因素进行综合判断，采集污染较重位置的层间土壤样品。最终采样深度应确保土壤未受污染（土壤中无明显氨味可嗅到）。如发现场地污染物已迁移至地下水，则还需分别在地下水水位上部的非饱和区和地下水含水层的底板采集土壤样品，以确定场地地下水中 LNAPL 和 DNAPL 的分布情况。

（2）地下水布点原则

场地地下水监测井的布点根据场地地下水流向、地下水位及与污染产生位置的相对关系，结合车间生产、事故、三废治理与排放等实际情况进行设定。原则上至少设置 3 个监测井，包括场界地下水上游 1 个采样点，下游 2 个采样点。

对于地下水的采样深度，则应根据场地的水文地质状况、场地可能造成的污染深度等情况进行确定。一般情况下，场地初步调查阶段监测井的采样深度应是场地中普遍赋存的第一层含水层。如场地第一含水层已明显污染，且其含水层底板土壤也存在较大污染的情况下，则需采用组井的方式，在重污染区采集第二含水层的地下水样品。

4.1.1.3 布点方案

场地初步调查阶段，场地内土壤和地下水采样点的布设主要采用分区判断布点的方式。

（1）土壤布点方案

根据场地污染识别结果及上述布点原则，在初步调查阶段本项目共设置了 41 个土壤采样点。每个土壤采样点的采样层次和采样深度则根据场地周边土壤

分布资料及现场勘探实际情况，按场地土壤自然分层特性及现场监测结果分 3 层进行采集。具体分层情况大致如下：0~4 m 为第 1 层（素填土层）；4m~8m 为第 2 层（砾石层）；8m 以下为第 3 层（粉土和粉质黏土互层，该层未穿透）。当土层厚度小于 2 米时，每层至少 1 个土壤样品，层厚超过 2 米时，每 2 米增加一个采样点。

（2）地下水布点方案

根据场地污染识别结果及上述布点原则，在初步采样阶段，本项目共设置了 10 个地下水采样点，编号为 GW1~10，本次调查未设置背景采样点。**4.1.2 样品采集**

本次采样钻探工作及土壤岩性分析样品由具有国家甲级勘探资质的信息产业部电子综合勘察研究院完成，土壤和地下水样品采集工作由天津市浩瀚环境工程有限公司完成。采集的样品种类包括土壤样品、地下水样品和土壤岩性分析样品三类。土壤岩性分析样品的采集方法详见“附件 4：场地水文地质勘察报告”。

4.1.2.1 现场采样点确认

本次场地调查区域大部分已拆除和地面平整，不能通过地面参照物确定采样点。为此本次调查从甲方获取了该区域的测绘图（具有天津 90 坐标系的电子地图）。调查中以此确定了采样点的位置：

（1）在确定调查区域各个采样点位置后，对照该图上的坐标位置，给出各个采样点的坐标；

（2）邀请测绘部门的人员基于采样点坐标，用专业测量工具在实地确定采样点，用木桩做标记；

（3）在钻孔过程中，可能会因为地下障碍物需要小范围内移动采样点，使得实际采样位置与预设采样位置有偏差。在采样完毕后，再请测绘部门前来确定采样点坐标和高程。

4.1.2.2 土壤样品采集

土壤样品的采集时间分别为 2018 年 3 月 5 日至 3 月 8 日、2018 年 4 月 26 日至 4 月 28 日、2018 年 5 月 7 日至 5 月 11 日及 2018 年 5 月 14 日至 5 月 16 日。

钻探和样品采集情况如下：

- 钻探方法：SH-30 型冲击钻机。
- 钻孔数量：共 41 个。
- 采样层次：所有采样点采集 2 大层土壤样品（不含砾石层）。
- 采样深度：0~17 m，各点采样深度详见表 4-4。
- 样品种类：包括土壤重金属、VOCs、SVOCs 及其他分析指标（包括游离氨、氨氮、甲醇、硫化物、氰化物和氟化物）样品。
- 采样数量：本次共采集初步调查采集样品数 211 组（含质控样品 20 个），采样过程除采集目标样品外，还采集了质控平行样，质控样品数量占样品总数的 5%-10%。
- 采样方法：土壤重金属样品用不锈钢铲采集均质样品；VOCs 样品用手持 VOCs 采样管采集非扰动样品；SVOCs 样品（TPH、其他特征污染物）用不锈钢铲采集原状土样品。

4.1.2.3 地下水样品采集

（1）**监测井建井**：地下水监测井的钻孔、建井和洗井方法参照《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）、《地下水环境监测技术规范》（HJT 164-2004）及《岩土工程勘察规范》（GB50021-2017）、《供水水文地质勘察规范》（GB 50027-2001）、《供水水文地质钻探与凿井操作规程》（CJJ/T13-2013）中的有关规定进行。

地下水监测井的建井管材为 PVC，井管直径为 75mm，滤水网为 80 目尼龙网，沉淀管长度 0.5m，滤料为 Φ 1-2cm 石英砂，止水材料为优质红粘土。

（2）**监测井洗井**：根据国家相关规定，场地地下水监测井的洗井分建井后和取样前二次进行。建井后洗井在监测井建成后马上进行，用贝勒管提水方式，洗至水质直观判断达到基本清洁；取样前的洗井在采样前进行，洗井水量为井管贮水体积 3 倍以上。

（3）**地下水样品采集**：本次地下水样品采样工作情况如下：

- 采样数量：新建场地地下水监测井 10 个；
- 采样层次：场地第一层含水层（潜水层）；
- 采样数量：分别采集地下水无机类、VOC、SVOC 样品各 12 组（包括

平行样品)；

- 采样方法：用一次性贝勒管采集，一井一管。在采样前洗井工作完成后二小时内完成。采样过程贝勒管应缓慢放入水面，避免冲击，减少空气进入和地下水的浑浊，降低因采样过程引起的挥发性有机物含量的负误差和重金属含量的正误差。

4.1.3 样品保存与流转

本次样品在现场临时存放 1~2 天后安排运输至实验室，各种类样品保存方式见表 4-6。现场采集样品收集后，存放于 4°C 冰柜内冷藏保存，分批运输至实验室；运输过程中使用冷藏保温箱盛装样品；样品运输至实验室后放入冷库冷藏（4°C±2°C）。

4.1.4 样品分析

4.1.4.1 分析项目

根据本场地第一阶段污染识别成果，确定本项目场地初步调查阶段土壤、地下水样品的分析项目如下：

(1) 土壤样品

- 重金属：共 10 种，包括铜、铬、镍、锌、铅、镉、砷、汞、钼、钴。
- 有机物：VOC 类污染物（52 种），SVOC 类污染物（92 种）。
- 其他：干重、pH 值、氰化物、总石油烃、多氯联苯、甲醇、水溶性氟化物、游离氨、氨氮。

(2) 地下水样品

- 重金属：共 10 种，包括铜、铬、镍、锌、铅、镉、砷、钼、钴、汞。
- 有机物：VOC 类污染物（52 种），SVOC 类污染物（92 种）。
- 其他：pH 值、总溶解固体、耗氧量、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮、六价铬、氰化物、氟化物、硫化物、石油类等。

4.1.4.2 分析方法

根据国家相关规定，场地污染物的分析方案可采用国家标准方法或国际等效分析方法。4.1.4.3 分析实验室

为确保样品分析结果的准确性，本次调查的土壤和地下水样品均由具《计量认证合格证书》和《实验室认可证书》CNAS 资质上海实朴监测技术服务有限公司承担。

4.1.5 质量控制与质量管理（QA/QC）

本项目的质量控制和质量管理分为样品采样、样品流转和实验室分析的质量控制和质量管理三个部分。

（1）采样现场质量控制

① 采样过程交叉污染控制

为避免采样过程中钻机的交叉污染，对两个钻孔之间钻探设备进行了行清洁；同一钻孔不同深度采样时，对钻探设备和取样装置也采取了进行清洗；与土壤接触的其它采样工具，在重复使用时也进行了清洗。

② 采样过程现场管理

- 安全责任人：负责调查、发现、并提出针对现场的安全健康的要求。有权停止现场工作中任何违反安全健康要求的操作。
- 工作负责人：根据既定的采样方案组织、完成现场的采样工作，确保现场的采样工作顺利、安全实施。
- 样品管理员：负责采样容器的准备、采样记录和样品保存，确保样品编号正确、样品保存和流转满足要求，确保样品包装紧密，避免交叉污染，确保送样并确认实验室收到样品。

③ 现场质量控制样品

为评估从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段的质量控制效果，本项目在现场采样过程中采集了现场质量控制样品，包括现场平行样、现场空白样、运输空白样、清洗空白样和分样等进行了质量控制。本次采样过程的质量控制样品数量达目标样品总数的 8.17%。

（2）样品流转质量控制

- ① 现场采集的样品在放入保温箱进行包装前，应对每个样品瓶上的采样编号、采样日期、采样地点等相关信息进行核对，并登记造册，同时应确保样品的

密封性和包装的完整性。

② 核对后的样品应立即放入包装完整、密封性良好、内置有适量蓝冰的保存箱中，然后再进行包装。包装后的保温箱应确保内部温度不高于 4°C，直至样品安全抵达分析实验室。

(3) 实验室分析质量控制

为确保样品分析质量，本项目的所有样品均由具国际和国内双认证资质的实验室进行分析。此外，本项目样品的分析过程还采取了以下质控措施：

- ① 监测限：满足现场风险控制的要求；
- ② 替代物回收率：满足方法要求；
- ③ 加标样回收率：满足方法要求；
- ④ 重复样：满足方法要求。
- ⑤ 样品有效性：在样品保存有效期内完成所有分析工作。

本场地初步调查土壤和地下水样品中检出污染物 QA/QC 平行样的分析结果详见“附件 7：土壤和地下水 QA/QC 平行样污染物分析结果”。从中可见，所有现场质控样品中无机类污染物的检测数据偏差均在±20%以内，VOC、SVOC 类有机污染物检测数据的偏差在±35%以内，满足样品采集 QA/QC 的国际惯例要求。

上述统计结果表明：

(1) 方法空白：土壤与地下水所有方法空白的检出限均小于报告限值，符合要求。

(2) 平行样：土壤与地下水所有平行样品无机类检测结果的相对偏差(RPD)小于 20%，有机类检测结果的相对偏差小于 35%，满足要求。

(3) 控制样：要求控制样检测结果落在标准值范围内或回收率 VOCs 控制在 70-130%，SVOCs 控制在 10-200%，TPH 控制在 70-130%，重金属控制在 0.04-428%。土壤与地下水的实验室控制样品所有检测结果均符合要求。

(4) 基体加标样：前处理前，在一份待测样品中加入已知量的待测目标物质，与待测样品一同处理；通过加标物质的回收率来评价样品基质可能产生的方法偏离符合精密度要求。

上述实验室分析质量控制结果表明，空白样品的测定结果均低于报告限，平

行样品的相对偏差均符合控制范围，加标回收样的回收率均符合控制范围，实验室质控样：重金属质控样的检测结果均在有证标准物质证书控制范围，有机质控样的检测结果均在各化合物回收率控制范围内。

本报告质控数据结果满意，符合相关要求。

4.1.6 监测结果评价标准

(1) 土壤风险筛选值

该场地规划开发为居住用地，属于《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）中的“第一类用地”类型。土壤检测因子包括重金属、VOCs、SVOCs、石油烃类和其他无机类污染物等五大类物质。依据《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）及天津市的相关要求，采用《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）“第一类”标准对检测结果进行分析评价。《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》中没有的指标依据《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）中的相关计算方法的计算值作为筛选标准，推导计算过程见附件 8。见表 4-10。

其中硫化物不是有毒有害物质，在常规场地调查中关注较少。本次场地调查中硫化物是场地特征污染物，但场地中大部分点位未检出，浓度较低。另硫化物没有毒理参数，无法计算筛选值，本次调查未列出对应的风险筛选值。

此外，氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）作为本场地的特征污染物，主要以游离氨（ NH_3 ）或铵盐（ NH_4^+ ）形式按一定比例存在于土壤环境中。其中，游离氨具有完整的毒理参数，可通过模型推导获得筛选值，但国内尚未形成标准的分析方法；氨氮具有成熟的分析方法，但又缺少对应的毒理参数。因此，为准确描述本场地土壤中氨氮的污染程度，本报告采用模型计算游离氨的筛选值，再通过游离氨和氨氮在调查土壤中的比例推算得到氨氮的筛选值。

(2) 地下水风险筛选值

采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的 III 类标准作为本次场地调查的地下水筛选标准。

4.1.7 监测结果分析与评价

4.1.7.1 土壤监测结果分析与评价

本项目场地初步调查共钻探 41 个土壤采样点，检测重金属样品 184 个，VOC 样品 184 个，SVOC 样品 189 个，氨氮样品 206 个，TPH 样品 18 个，氰化物样品 59 个，氟化物样品 7 个，硫化物样品 26 个，甲醇样品 34 个。

本场地初步采样土壤中检出重金属类、挥发性有机物类（VOC）、半挥发性有机物类（SVOCs）、总石油烃类（TPH）、无机类污染物质共 29 种，超过本场地土壤风险筛选评价标准的污染物共 2 种，其中无机类 1 种，重金属污染物 1 种。土壤中各类污染物的分布情况如下：

（1）重金属类

本次土壤样品检测的 9 种重金属污染物均有检出，与本场地土壤风险筛选值相比，只有 1 种污染物砷超标，共 3 个点位超标，超标深度为 4~10.5m，最大超标倍数为 0.88 倍，为局部污染，主要分布在场区东北部铁路沿线和场区南侧的尿素车间和配电室附近。其他 8 种重金属元素均未超标。

（2）挥发性有机污染物类（VOC）

在本次检测的 VOC 污染物中，有 6 种污染物检出，分别为苯、甲苯、间-对-二甲苯、苯乙烯、邻-二甲苯、四氯化碳。与本场地土壤的筛选值相比，土壤中的挥发性有机物均未超标，说明本场地土壤不存在挥发性有机物污染风险。

（3）半挥发性有机污染物类（SVOC）

本次检测了包括多环芳烃类（PAHs）、酞酸酯类等半挥发类有机污染物，其中有 10 种 SVOC 污染物检出，分别为苯酚、萘、2-甲基萘、茚、菲、蒽、荧蒽、芘、屈和邻苯二甲酸二（2-乙基己酯）。与本场地土壤筛选值相比，均未超标，说明本场地土壤不存在半挥发性有机物污染风险。

（4）总石油烃类（TPH）

在本次监测总石油烃指标中，>C16 石油烃（脂肪族）部分检出，但均未超过本场地筛选值标准，说明场地土壤中不存在总石油烃类污染。

（5）其他特征性污染物

本次调查还对土壤中与本场地生产有关的 5 种污染物进行了监测，包括氰化物、氟化物、硫化物、甲醇、氨氮。监测结果表明，有 3 种污染物检出，分别为水溶性氟化物、硫化物、氨氮。其中氨氮超过本场地土壤的筛选值。

4.1.7.2 地下水监测结果的分析与评价

本次初步调查共采集 10 口地下水监测井的样品 12 组（包括平行样），并对样品中的重金属类、VOC 类、SVOC 类、总石油烃类、常规指标等污染物指标进行了分析。其分析数据详见“附件 9：土壤、地下水检测报告”，检出污染物浓度的统计与评价结论详见表 4-14。

由上述图表可知，本次调查检出地下水中污染物共 14 种，其中有 5 种污染物超过了本场地地下水的风险筛选标准。各类污染物的具体分布情况如下：

（1）重金属类

在检测的 11 种重金属污染物当中，有 9 种污染物检出，与本场地地下水的风险筛选标准相比，所检出污染物均远低于本场地风险评价标准，说明不存在健康风险。

（2）挥发性有机污染物类（VOC）

在所监测的挥发性污染物当中，所有污染物均未检出，说明本场地地下水不存在挥发性有机物污染风险。

（3）半挥发性有机污染物类（SVOC）

在所监测的半挥发性有机污染物当中，所有污染物均未检出，说明本场地地下水不存在半挥发性有机物污染风险。

（4）其他特征性污染物：

包括总石油烃（脂肪族）、氰化物、氟化物和硫化物等其他场地特征性污染物。其中氟化物在所有样品中均有检出。与本场地地下水的风险筛选值相比，GW7 号点的氟化物超过筛选值标准，超标倍数为 0.9 倍。

（5）地下水常规监测污染物：

包括总溶解性固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐和耗氧量。均超过了国家地下水质量标准（GBT14848-2017）中 III 类水体标准。主要超标指标硝酸盐氮和氨

氮，浓度范围分别为 5~175mg/L 和 9.35~118mg/L，最大超标倍数分别为 7.75 倍和 325 倍，氨氮超标率为 100%，硝酸盐氮超标率为 60%；其次是总溶解性固体和耗氧量，浓度范围分别为 1040~2830mg/L 和 1.30~15.3mg/L，最大超标倍数分别为 1.83 倍和 4.1 倍，超标率分别为 90%和 30%。最后是亚硝酸盐氮，浓度范围为 0.037~1.7mg/L，最大超标倍数分别为 0.7 倍，超标率为 10%。

4.2 场地详细调查

4.2.1 采样点设置

本场地初步调查结果表明，场地土壤和地下水中的部分无机污染物超过了本场地的筛选值，可能存在健康风险。按照国家相关规定，需要开展第二阶段详细调查，以进一步确定场地的污染程度和污染分布，为场地的风险评估提供数据。场地第二阶段详细调查的采样时间为 2018 年 8 月 2 日至 8 月 7 日，具体情况如下：

4.2.1.1 布点原则

根据导则要求和场地初步采样分析结果，确定本场地详细调查土壤、地下水采样布点原则为：

(1) 在初步采样阶段已查明的土壤和地下水超标点位周边采用三角布点方法进行加密布点，进一步查明污染范围；

(2) 在初步调查阶段没有布点的非疑似污染区进行补点，进一步明确污染状况。

(3) 在场界适当边界设置采样点，以提高边界区域污染物浓度的插值精度，有效确定修复范围。

(4) 土壤采样深度以初步采样阶段超标污染物的分布深度为基础，再结合场地土壤自然分层特性确定，分层采样。具体采样深度和最终采样深度需依据便携式 XRF 检测仪、PID 检测仪等现场监测设备的监测结果，并结合土层颜色、气味等其他因素进行综合判断。层间样品采集层中污染较重的位置，最终样品深度应确保其未受污染。

4.2.1.2 采样布点方案

根据上述布点原则及本场地的初步调查结果，本场地详细采样阶段共布设土壤采样点 47 个。由于初步调查地下水点位已基本覆盖整个场区可能的污染区域，且考虑到地下水的连通性，可以反应本场地地下水的污染情况，因此未进行加密布点。

4.2.2 样品采集

本次土壤采样时间为 2018 年 8 月 2 日至 8 月 7 日，钻探和土壤样品采集情

况如下：

- 钻探方法：采用 SH-30 型钻机；
 - 钻孔数量：共 47 个；
 - 采样层次：所有采样点采集 2 大层土壤样品（不含砾石层）；
 - 采样深度：0~13 m，各点采样深度详见表 5-1；
 - 样品种类：包括土壤重金属和场地特征污染物（包括氨氮）样品；
 - 采样数量：本次共采集土壤样品 213 组（含质控样品 22 个）。采样过程除采集目标样品外，还采集了质控平行样。质控样品数量占样品总数的 5%-10%。
- 采样方法：土壤重金属样品用不锈钢铲采集均质样品；场地特征污染物用不锈钢铲采集原状土样品。

采样过程需详细填写《场地钻探及样品采样记录单》（附件 5）。

4.2.3 样品保存与流转

土壤和地下水样品的收集、保存与流转均执行国家的相关规定，方法同本场地初步调查。

4.2.4 样品分析

根据本场地初步调查结果，场地土壤中的超标污染物为砷和氨氮，因此在详细调查阶段，仅针对这 2 种超标污染物进行。

分析方法与实验室同初步调查。

4.2.5 质量控制与质量管理（QA/QC）

本项目的质量控制和质量管理工作分为样品采样、样品流转和实验室分析的质量控制和质量管理工作三个部分。各个部分质控管理的内容与要求同本场地的初步调查。

本场地初步调查和详细调查阶段采集土壤样品数量总共为 423 个，包括土壤目标样品 381 个，平行样 42 个。

上述统计结果表明：

（1）方法空白：土壤与地下水所有方法空白的检出限均小于报告限值，符合要求。

（2）平行样：土壤与地下水所有平行样品无机类检测结果的相对偏差（RPD）

小于 20%，有机类检测结果的相对偏差小于 35%，满足要求。

(3) 控制样：要求控制样检测结果落在标准值范围内或回收率 VOCs 控制在 70-130%，SVOCs 控制在 10-200%，TPH 控制在 70-130%，重金属控制在 0.04-428%。土壤与地下水的实验室控制样品所有检测结果均符合要求。

(4) 基体加标样：前处理前，在一份待测样品中加入已知量的待测目标物质，与待测样品一同处理；通过加标物质的回收率来评价样品基质可能产生的方法偏离符合精密度要求。

上述实验室分析质量控制结果表明，空白样品的测定结果均低于报告限，平行样品的相对偏差均符合控制范围，加标回收样的回收率均符合控制范围，实验室质控样：重金属质控样的检测结果均在有证标准物质证书控制范围，有机质控样的检测结果均在各化合物回收率控制范围内。

本报告质控数据结果满意，符合相关要求。

4.2.6 监测结果分析与评价

为分析场地土壤的整体污染状况，本节将整合场地初步调查和详细调查两个阶段土壤调查的检测结果进行统计与分析。

4.2.6.1 土壤检测结果分析与评价

本场地环境初步调查和详细调查阶段共设置土壤采样点 88 个，采集并检测土壤目标样品 382 个，分析指标包括无机污染物、挥发性有机污染物（VOCs）、半挥发性有机污染物（SVOCs）、总石油烃（TPH）、多氯联苯、氰化物、甲醇、水溶性氟化物、氨氮。本场地初步和详细调查两阶段共检出污染物 29 种，其中无机类（包括重金属、氨氮、氟化物、硫化物）污染物 12 种、挥发性有机物 6 种、半挥发性有机物 10 种、总石油烃 1 种。其中，超过本场地土壤筛选值的污染物 2 种，分别为砷和氨氮，均为无机类污染物。各类污染物的分布特征如下：

(1) 无机类污染物

两阶段共检出无机类污染物 12 种，包括重金属 9 种（铜、镍、锌、铅、镉、砷、汞、钼、钴）、氟化物、硫化物和氨氮。

总体上看，场地土壤中主要超标污染物为氨氮，浓度范围为 0.48~6090mg/kg，最大超标倍数分别为 2.95 倍，超标样品数分别为 71 个，占样品总数的 18.6%；

其次为砷,浓度范围为 1.20~37.60mg/kg,共 6 个样品超标,占样品总数的 1.6%,最大超标倍数为 0.88 倍。各污染物的超标及分布情况如下:

● **氨氮**:从水平分布上看,氨氮主要分布在场地中部和南侧的生产区,包括脱盐水车间、碳化车间、二氧化碳压缩车间、尿素合成车间、脱硫车间、和冷冻车间。

从超标深度上看,氨氮主要集中在第二层(4-8m)的砾石层和第三层(8m 以下)的粉土粉粘互层中,在砾石层和粉土粉粘互层中,氨氮的超标样品数量分别为 53 个和 18 个;而在第一层(0-4m)填土层中不存在超标现象。

● **砷**:超标点位分布与氨类污染物的分布不完全重合,主要分布在南侧的电气仪表间和场地东边界中部的空地。砷主要分布在第一层填土层和第三层粉土粉粘互层中,超标样品数量分别为 1 个和 5 个,在第二层砾石层中未见超标。

(2) 挥发性有机污染物(VOCs):

两阶段共检出挥发性有机污染物 6 种,分别为苯、甲苯、间&对-二甲苯、苯乙烯、邻-二甲苯和四氯化碳,其土壤中浓度均远远小于本场地筛选值,不存在超标现象,说明本场地未受到挥发性有机物污染。

(3) 半挥发性有机污染物(VOCs):

两阶段共检出半挥发性有机污染物 10 种,分别为苯酚、萘、2-甲基萘、茚、菲、蒽、荧蒽、芘、蒎和邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯,其土壤中浓度均远远小于本场地筛选值,不存在超标现象,说明本场地未受到半挥发性有机物污染。

(4) 总石油烃类(TPH):

两阶段各点位土壤中总石油烃(>C16)的浓度均未超过本场地筛选值,说明本场地未受到石油烃类污染。

由此可见,本场地污染以无机污染为主,不存在有机污染。土壤中超过筛选值的污染物共 2 种,分别为氨氮和砷。

根据国家相关规定,需要开展进一步的风险评估。

4.2.6.2 场地污染成因分析

根据本项目场地环境初步调查和详细阶段对场地土壤和地下水中污染物检

测结果的分析与评价可知,本场地土壤和地下水中检出污染物和超标污染物的种类基本保持一致,主要以氨氮等无机污染为主,个别点位土壤中存在砷污染,不存在有机污染。

污染物主要分布在场地中部和南侧的生产区,包括脱盐水车间、碳化车间、二氧化碳压缩车间、尿素合成车间、脱硫车间、和冷冻车间。可见,氨氮等无机污染主要来源于相关生产活动,主要包括:脱硫区域的吸收液,碳铵合成区域的原料,铜洗精炼过程中使用的吸收液,尿素合成区域的原材料及产品,产品存放区以及污水处理区域的污水处理活动。

从污染深度上看,本场地土壤和地下水的污染主要集中在场地深层区域。其中,土壤的氨氮污染集中在砾石层(4-8m)、粉土和粉质黏土互层(8m以下)中,地下水中氨氮普遍存在。由于场地地下不存在储罐区和污水管线,污染可能来自于下层土壤,一方面以气态形式向渗透性相对较强的砾石层扩散,另一方面以溶解态向下迁移进入地下水环境中。

4.3 场地污染确认结论

4.3.1 土壤污染情况

本场地环境初步调查和详细调查两阶段共设置土壤采样点 88 个,采集并检测土壤目标样品 382 个,分析指标包括无机污染物、挥发性有机污染物(VOCs)、半挥发性有机污染物(SVOCs)、总石油烃(TPH)、多氯联苯、氰化物、甲醇、水溶性氟化物、游离氨、氨氮。本场地两阶段共检出污染物 29 种,其中无机类(包括重金属、氨氮、氟化物、硫化物)污染物 12 种、挥发性有机物 6 种、半挥发性有机物 10 种、总石油烃 1 种。

从超标情况看,超过本场地土壤筛选值的污染物 2 种,分别为砷和氨氮,有机物指标虽有检出,但均未超标,说明本场地以无机污染为主。其中,氨氮的超标点位较多,超标倍数较大,是本场地的主要污染物,主要分布在场地中部和南侧的生产区,包括脱盐水车间、碳化车间、二氧化碳压缩车间、尿素合成车间、脱硫车间、和冷冻车间;污染深度较深,集中在砾石层(4-8m)、粉土和粉质黏土互层(8m以下)中。土壤中个别点位的砷存在超标现象,主要分布在南侧的电气仪表间和场地东边界中部的空地,且分布在填土层(0-4m)和粉土粉粘互层(8m以下)中,在砾石层(4-8m)中未见超标。

4.3.2 地下水污染情况

本次调查共设置地下水监测井 10 口，采集地下水目标样品 10 组，共检出污染物 15 种，包括重金属 9 种、特征污染物 1 种、常规指标 5 种。

从超标情况看，共有 6 种污染物超过本场地地下水筛选值，主要以无机指标为主，包括氟化物、总溶解性固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐和耗氧量。其中主要超标污染物为氨氮和硝酸盐氮，浓度范围分别为 9.35~118mg/L 和 5~175mg/L，最大超标倍数分别为 325 倍和 7.75 倍，氨氮超标率为 100%，硝酸盐氮超标率为 60%；其次是总溶解性固体和耗氧量，浓度范围分别为 1040~2830mg/L 和 1.30~15.3mg/L，最大超标倍数分别为 1.83 倍和 4.1 倍，超标率分别为 90%和 30%。最后是亚硝酸盐氮，浓度范围为 0.037~1.7mg/L，最大超标倍数分别为 0.7 倍，超标率为 10%，而氟化物只有在 GW7 号点超标，浓度为 1.9mg/L，超标倍数为 0.9 倍。

5. 场地风险评价

5.1 评价内容与程序

污染场地健康的风险评估主要采用剂量-效应模型，对受体通过各种暴露途径摄入场地不同污染介质中污染物导致的健康效应进行定量表征。其中，对于致癌污染物，主要定量计算受体因摄入评估场地污染介质中各种致癌性污染物而导致其致癌风险的增加量。对于非致癌性污染物，主要定量计算受体因摄入评估场地污染介质中各种非致癌性污染物而导致的危险熵。

污染场地健康风险的评估主要包括危害识别、暴露评估、毒性评估以及风险表征四个工作内容。

风险评价方法可分定性和定量评价两种。原则上，场地环境评价应采用定量风险评价方法，但在下列情况可考虑只进行定性评价：①场地评价人员认为定性的风险评价足以能够说明问题；②受费用与时间限制；③缺少污染物的毒性资料；④其他原因无法计量的风险。本研究将采用定量风险评价的方法。

在确定风险时应考虑未来土地利用方向。一般来说，未来土地利用可以有三个方向：①工业与商贸用地；②农业用地；③居住用地。根据本场地的用地规划，本评价将按照居住用地类型进行分层评价。

5.2 关注污染物的筛选

(1) 土壤关注污染物

依据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）要求，需要对本场地土壤中的超标污染物进行风险评估。根据本场地土壤污染调查结果，本场地土壤中共有 2 种污染物浓度超过本场地土壤筛选值，为氨氮和砷，需要说明的是，由于氨氮不属于有毒有害类物质，缺少相关的毒理参数，无法进行风险水平计算，本次风险评价以游离氨计算。为慎重起见，评价时将选用各污染物在各土层中的最大值进行风险计算。

(2) 地下水中关注污染物

根据本场地地下水的污染调查结果，本场地地下水中共有 6 种污染物浓度超

过本场地地下水筛选值，主要以无机指标为主，包括氟化物、总溶解性固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、耗氧量，均为非挥发性污染物。结合前期调查结果，本场地所处区域地下水不作为饮用水使用，因此可以认为，本场地中的受体不会直接饮用或直接接触该地下水，即从风险评价暴露途径角度考虑，本场地地下水中的非挥发性无机污染物不存在任何风险暴露途径（皮肤接触、空气吸入、直接饮用和直接食用途径），不会对场地未来人群产生危害。按国际惯例及《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）要求，同时考虑到氨氮不属于有毒有害类物质，缺少相关的毒理参数，无法进行风险水平计算，本次风险评价仅针对地下水具有挥发性的游离氨进行，同样，为慎重起见，评价时将选用游离氨在地下水中的最大值（2.54mg/L）进行。

5.3 暴露途径分析

本场地地处天津市蓟县新城西部片区，片区内以居住用地、绿地为主，由于本场地详细规划尚未形成，建筑开挖深度可参考周边已建成地块。场地所处片区地下最深开发为一层车库或建筑，最大开挖深度为 6m。鉴此，本场地土壤在进行风险评估时将 8m 以上土壤均视为表层土，其暴露途径包括经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物和吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物的 6 种土壤暴露途径。8m 以下土壤视为深层土，其暴露途径包括：吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物和吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物的 2 种土壤暴露途径。

对于本场地地下水的风险评价，因本场地地下水不直接接触或直接饮用，因此对本场地地下水中的挥发性污染物游离氨，只需考虑受体吸入室外空气中来自地下水的气态污染物和吸入室内空气中来自地下水的气态污染物 2 种暴露途径。

5.4 风险评估模型和计算方法

本项目的风险评估采用中科院南京土壤研究所开发的污染场地健康与环境风险评估软件（HERA）中《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中的模型进行计算。

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014），本项目将计算在居住用地方式下土壤和地下水中各种污染物在各种风险暴露途径下的健康风险，其计算方法如下：

5.4.1 土壤污染风险评估模型及计算方法

对于场地土壤中致癌污染物的风险计算，通常以污染土壤中每一种致癌物质各种暴露途径（经口、经皮肤、呼吸吸入和食用场地上植物果实等）下的摄入量与其致癌风险斜率因子的乘积相加后得出；对于场地土壤中的非致癌污染物，通常采用危害熵进行表述，它是不同途径摄入量与毒理学参考剂量的比值。当某种污染物的浓度超过这种物质的毒理学参考剂量时，则可认为其对场地上的人群产生了非致癌性伤害。

5.5 风险评估参数及其赋值

风险评估参数主要根据环保部发布的《污染场地风险评估技术导则》的原理和建议值来确定。此外，《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）编制说明中的风险筛选值制定方法对场地和土壤、建筑物、暴露人群、暴露途径相关参数，以及污染物毒性和理化性质参数的选取进行了说明。因此，本场地风险评估参数主要根据环保部发布的《污染场地风险评估技术导则》和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）编制说明中的主要参数来综合确定。

在本场地居住用地利用方式下，场地区域范围内第一层土壤（0-4m）中仅有砷存在致癌与非致癌风险，风险水平和危害熵分别为 $7.46E-05$ 和 $2.90E+00$ 。第二层土壤（4-8m）中仅游离氨存在非致癌风险，危害熵为 $1.58E+00$ 。第三层土壤（8m 以下）游离氨和砷均没有风险。

5.7.2 地下水风险评价结果

本场地居住用地利用方式下，地下水中的游离氨对暴露人群的健康风险评价结果。。本场地居住用地利用方式下，场地区域范围内地下水中的游离氨不存在致癌或非致癌风险。

5.8 场地风险评价不确定性分析

受基础科学发展水平、时间及资料等限制，本项目的风险评价可能存在以下不确定性：

（1）暴露途径的不确定性：在风险评价过程中，不同国家或研究机构之间暴露途径选择不尽相同，有时候差异还比较大。一方面是地区实际情况的差异，另一方面也是各国风险评价方法理论框架带来的差异。本研究主要遵从场地风险评价技术导则。需要说明的是，由于场地后期详细规划还未形成，在土壤评价过程中，暂以后期开挖深度 8 米考虑，当开发计划发生变化时，需重新计算风险；在地下水评价过程中，不考虑直接饮用途径带来的风险。

（2）参数的不确定性：本项目尽量采用实测数据（如场地参数）和国内官方认可的参数，但由于我国相关基础研究十分匮乏（如对暴露参数和建筑物参数的估计），因此仍有某些参数采用的是国外数据，难免会造成参数估计不能完全反映我国的实际情况。另外，由于部分毒性效应和污染物毒性参数的缺失，无法开展定量风险评估工作，这可能导致结果的偏差。

（3）物质在介质间迁移过程的不确定性：本次计算采用的迁移公式均来自于 ASTM，但模型的拟合程度在我国的应用尚没可靠资料验证。

6. 场地修复范围确定

上述风险评价结果表明，本场地土壤存在健康风险，按国家相关规定需要进一步确定修复范围并进行修复。因此，本项目开展了本场地土壤修复范围确定的相关工作。具体情况如下：

6.1 风险控制值的计算

6.1.1 计算步骤

- (1) 根据土壤风险评估结果确定潜在危害污染物的种类；
- (2) 确定目标风险水平或危害熵；
- (3) 整理收集污染物理化参数及毒理学参数；
- (4) 根据土地利用类型和受体特征确定暴露参数；
- (5) 根据场地特征确定场地参数；
- (6) 选择模型，计算污染物的风险控制值；
- (7) 对计算的风险控制值进行校正，最终确定场地污染物修复标准。

6.1.2 计算模型与参数

6.1.2.1 风险水平的确定

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014），确定本场地单个污染物的致癌风险可接受水平为 10^{-6} 、非致癌危害熵可接受水平为 1。

6.1.2.2 潜在危害污染物的确定

根据本场地风险评价结果，以致癌风险 10^{-6} 或非致癌危害熵1为可接受风险水平，对场地土壤和地下水中污染物的健康风险超过可接受风险水平的污染物计算风险控制值。

在本场地居住用地利用方式的前提下，本场地第一层（0-4m）土壤中砷的风险不可接受；第二层（4-8m）土壤中游离氨的风险不可接受。需分别计算以上风险控制值。

6.1.2.3 污染物和场地参数的确定

场地土壤风险控制值计算过程涉及到污染物参数和场地特征参数。污染物参数包括污染物理化参数和毒理学参数，场地特征参数包括土壤参数、地下水参数、建筑物参数等。这些参数的取值同第五章。

6.1.2.4 计算模型和方法的确定

场地土壤风险控制值的确定是风险评估的逆过程，先设定可接受的风险水平，再根据暴露评估公式和迁移模型反推该风险水平下的污染物浓度即风险控制值。

根据环保部《污染场地风险评估技术导则》，单一污染物的可接受致癌风险水平为 10^{-6} ，在本次评估中对于污染物的致癌风险，选用 10^{-6} 作为可接受水平来进行计算。

由于计算风险控制值的过程为风险评估的逆过程，因此不再详细列出风险控制值的计算公式，风险控制值的计算总公式如下。除下列说明的符号含义之外，其他符号的含义同第五章。

6.1.3 场地土壤风险控制值的计算结果

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014），场地单个污染物的致癌风险可接受水平为 10^{-6} 、非致癌风险可接受水平为危害熵 1，分别计算了场地土壤第一层（0-4m）和第二层（4-8m）中污染物的风险控制值。

这里需要说明的是，场地土壤中的氨氮因缺少毒理参数，无法通过模型计算得到相应风险水平和风险控制值，如前所述，土壤中的游离氨与氨氮是以一定的比例存在的，其风险控制值可通过计算获得。

6.2 场地修复标准的确定

6.2.1 修复标准确定原则

本场地土壤修复标准的确定将遵循以下原则：

（1）当本项目计算得到的污染物风险控制值大于本项目的筛选值、小于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）第一类用地的管制值（地下水无管制值）时，选用本项目计算得到的风险控制值作为该污染物的修复目标值；当本项目计算得到的污染物风险控制值小于等于本项目的筛选值时，选用筛选值作为该污染物修复目标值。

(2) 如必要, 本项目计算得到的风险控制值还应与各种污染物的分析方法检出限、当地背景值、或国内成功案例场地的修复目标值等相关因素进行比较和校正, 最终确定本场地土壤和地下水污染物的修复标准。

(3) 在参考相关资料进行校正时应以国内资料为主, 国外相关资料为辅。

6.2.2 场地土壤修复标准

根据本场地上述修复目标值的确定原则及本项目计算得到的场地土壤风险控制值, 经与本场地选用的“土壤污染物风险筛选值”, 及土壤中各种污染物分析检出限等相关因素比较, 最终确定本场地居住用地利用方式下土壤各层的修复标准, 见表 6-3。

表 6-3 场地土壤污染物修复目标值 (mg/kg)

序号	污染物名称	本场地筛选值	管制值	第一层 (0-4m)		第二层 (4-8m)	
				风险控制值	修复目标值	风险控制值	修复目标值
1	氨氮	1541	-	/	/	3240	3240
2	砷	20	120	0.37	20	/	/

注: (1) “-”代表没有管制值; (2) “/”表示不存在健康风险。

6.3 场地修复范围的确定

6.3.1 场地修复范围确定原则

目前, 我国尚没有正式制定有关污染场地修复范围确定方面的技术导则。根据国外惯例及国家环境保护总局“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), 确定本场地以下修复范围划定原则:

(1) 不同土地规划用途类型应分别划分修复范围。本场地的规划用途为居住用地类, 应按居住用地类型划定场地修复范围。

(2) 不同的污染物种类和污染程度应分别划分修复范围。对于场地土壤中不同种类的污染物, 或同一污染物种类不同的污染或风险程度, 将来都有可能采用不同的修复技术和修复方案, 因此应分别划分修复范围。

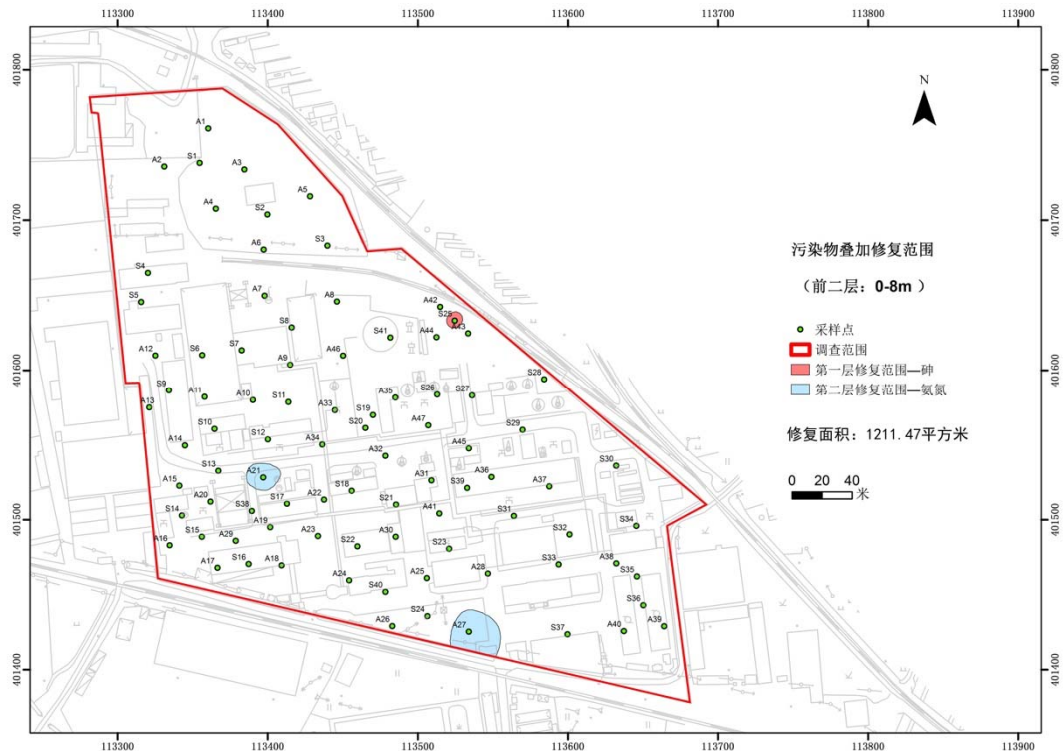
(3) 不同的土壤层次应分别划定修复范围。根据本场地土层特征, 在本场地具有风险的土层范围内主要涉及到两个土层, 分别为填土层 (0-4m) 和砾石层 (4-8m), 应分层确定修复范围和修复工程量。

(4) 不同污染物类型应分别叠加给出修复范围。根据以往修复经验，土壤中不同的污染物类型往往会采用不同的修复技术。因此，本项目应尽量根据本场地土壤中的不同污染物类型进行同类同土层修复范围叠加，并计算修复土方量，以便于本场地后期污染修复工作的开展。

(5) 本场地污染土壤修复体积的计算应以本场地污染调查阶段原地面作为起始零点进行计算，不应包括场地地面以上的堆积物。

6.3.2 场地土壤的修复范围

本场地第一层（0-4m）土壤中需要修复的污染物为砷，第二层（4-8m）需要修复的土壤污染物为氨氮。



场地土壤修复范围叠加总图（前两层）

6.5 场地修复工程量的确定

根据上述各污染物的修复范围，经计算，得到了本场地污染土壤的修复面积和工程量。本场地污染土壤的修复总土方量为 **4845.88 m³**，其中第一层修复土方量为 357.96m³，第二层修复土方量为 4487.92m³。

7. 结论与建议

7.1 结论

(1) 场地污染识别结论

通过对蓟州区原吉华化工厂地块原使用企业—天津吉华化工厂的生产历史、主要原辅材料利用、生产工艺、污染物排放和处理等资料的分析，以及现场的踏勘和调查访问，初步判断该场地存在污染。主要污染途径包括：锅炉燃烧、水煤气制成与净化、氨合成和尿素过程中的跑、冒、滴、漏，甲醇和液氨在存放过程中的泄露，污水管线和污水处理设施的渗漏。该过程可能造成场地表层土壤的污染，然后通过污染物的纵向迁移污染深层的土壤和地下水。场地周边的土地使用对场地环境无明显污染影响。

(2) 场地地层分布

场地埋深约 17.00m 深度范围内，按成因年代可分为以下 3 大层：

第一层为填土层，结构松散，平均分布范围是地表下 0-4.0 米；

第二层为砾石层，呈褐黄色，可塑状态，湿，无层理，水平方向上土质较均匀，分布稳定，平均分布范围是地表下 4.0-8.0 米；

第三层是粉土和粉质黏土互层，呈灰黑、灰黄色，可塑状态，无层理，本次最大钻深范围内未穿透。

(3) 地下水赋存状况

场地的第二层砾石层，是本场地地下水主要的赋存层，砾石层之下的粉土和粉质粘土互层为相对隔水层。该场地地表下 12.00m（地下水监测井最大设置深度）范围内分布一层地下水。勘察期间场地内监测井静止水位标高为 18.009m~19.462m，场地地下水流向整体由东北向西南，水力梯度约为 7.0‰左右。

(4) 场地土壤污染情况

本场地环境初步调查和详细调查两阶段共设置土壤采样点 88 个，采集并检测土壤目标样品 382 个，分析指标包括无机污染物、挥发性有机污染物(VOCs)、

半挥发性有机污染物（SVOCs）、总石油烃（TPH）、多氯联苯、氰化物、甲醇、水溶性氟化物、游离氨、氨氮。本场地两阶段共检出污染物 29 种，其中无机类（包括重金属、氨氮、氟化物、硫化物）污染物 12 种、挥发性有机物 6 种、半挥发性有机物 10 种、总石油烃 1 种。

从超标情况看，超过本场地土壤筛选值的污染物 2 种，分别为砷和氨氮，有机物指标虽有检出，但均未超标，说明本场地一无机污染为主。其中，氨氮的超标点位较多，超标倍数较大，是本场地的主要污染物，主要分布在场地中部和南侧的生产区，包括脱盐水车间、碳化车间、二氧化碳压缩车间、尿素合成车间、脱硫车间和冷冻车间；污染深度较深，集中在砾石层（4-8m）、粉土和粉质黏土互层（8m 以下）中。土壤中个别点位的砷存在超标现象，主要分布在南侧的电气仪表间和场地东边界中部的空地，且分布在填土层（0-4m）和粉土粉粘互层（8m 以下）中，在砾石层（4-8m）中未见超标。

（5）场地地下水污染情况

本次调查共设置地下水监测井 10 口，采集地下水目标样品 10 组，共检出污染物 15 种，包括重金属 9 种、特征污染物 1 种、常规指标 5 种。

从超标情况看，共有 6 种污染物超过本场地地下水筛选值，主要以无机指标为主，包括氟化物、总溶解性固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐和耗氧量。其中主要超标污染物为氨氮和硝酸盐氮，浓度范围分别为 9.35~118mg/L 和 5~175mg/L，最大超标倍数分别为 325 倍和 7.75 倍，氨氮超标率为 100%，硝酸盐氮超标率为 60%；其次是总溶解性固体和耗氧量，浓度范围分别为 1040~2830mg/L 和 1.30~15.3mg/L，最大超标倍数分别为 1.83 倍和 4.1 倍，超标率分别为 90%和 30%。最后是亚硝酸盐氮，浓度范围为 0.037~1.7mg/L，最大超标倍数分别为 0.7 倍，超标率为 10%，而氟化物只有在 GW7 号点超标，浓度为 1.9mg/L，超标倍数为 0.9 倍。

（6）场地风险评价结果

在本场地居住用地利用方式下，场地区域范围内第一层土壤（0-4m）中仅有砷存在致癌与非致癌风险，风险水平和危害熵分别为 7.46E-05 和 2.90E+00。第二层土壤（4-8m）中仅氨氮（游离氨）存在非致癌风险，危害熵为 1.58E+00。第

三层土壤（8m 以下）氨氮（游离氨）和砷均没有风险。

场地区域范围内地下水中的污染物不存在健康风险。

（7）场地修复工程量

经各种风险污染物浓度的差值计算与修复范围叠加，计算得到了本场地污染土壤的修复面积和工程量。本场地污染土壤的修复总土方量为 **4845.88 m³**，其中第一层修复土方量为 357.96m³，第二层修复土方量为 **4487.92m³**。

7.2 建议

（1）本场地用地规划居住用地类型，本次评价依据该规划用途进行评价，其风险评价结果也仅适用于本文规定的规划范围。如其规划范围或建筑开发深度发生改变，则需要重新评价。

（2）本场地地下水虽不存在健康风险，但由于地下水中存在无机类污染物且存在超标现象，在土地开发和使用过程中，应严格禁止开采和使用地下水，避免产生新的暴露途径，影响人体健康。

（3）在自然过程作用下，土壤中的污染物会发生迁移和转化。因此，本场地评价后应加快场地后续的修复工作，避免长期搁置造成场地中污染物迁移及修复范围的变化。

（4）场地修复过程中要进行跟踪观测，修复后要有验收。在场地开挖取土过程中，需要观察是否有在调查阶段中没有被发现的污染，一经发现，需要相关专业人员及时处理，并调整修复范围。另外，在开挖过程中需要进行质量控制，确保分类开挖和开挖到位。在开挖边界和底部要有取样监测，确保污染土壤如数清除。

（5）场地修复中要有安全环保措施。场地大规模的挖掘活动不仅会改变土壤污染物的分布特性，造成污染物进一步扩散，还会对施工人员、场地周围居民及场地其他工作人员的身体健康和安全生产产生不利影响。因此，在进行场地修复施工前，要进行安全环保培训，特别是防止化学品和污染土壤毒害的培训，确保施工安全进行。施工之前要制定包括运输在内的安全环保方案，为施工提供指导并要求施工人员遵照执行。