



江苏中宜金大分析检测有限公司
Jiangsu Zhongyi Jinda Analysis and Testing Co., Ltd.

原江阴市天马镍网有限公司地块 土壤污染风险评估报告

委托单位：淮安天马纺织器材有限公司

编制单位：江苏中宜金大分析检测有限公司

编制日期：2023年10月





项目名称：原江阴市天马镍网有限公司地块土壤污染风险评估报告

委托单位：淮安天马纺织器材有限公司

编制单位：江苏中宜金大分析检测有限公司

法人代表：许柯

参与人员表：

项目成员	任务分工	职称	专业	联系方式	签字
许柯	项目负责人	教授	环境工程	18021185588	许柯
杨康	报告编制	工程师	环境工程	16605101618	杨康
邱逸群	报告复核	工程师	环境工程	18861822721	邱逸群
曾超	报告校核	高级工程师	环境科学	18021185575	曾超
刘敏敏	报告审核	高级工程师	环境工程	18021185577	刘敏敏

摘 要

原江阴市天马镍网有限公司地块位于江苏省无锡市江阴市徐霞客镇马镇东街208号，地块东面为江阴市昌润包装有限公司，南面为空地，西面为湖庄村，北面为东街，占地面积为8750m²。

根据地块历史影像和人员访谈，地块1994年前为农田，1994年至1998年为江阴市天马镍网厂，1998年转制后更名为江阴市天马镍网有限公司，2018年企业关停，2019年厂房设备全部拆除，后地块西北面出租用作汽车俱乐部，地块南面出租用作中建八局施工人员住宿的工棚。目前地块内东北面还存在江阴市天马镍网有限公司的一间车库和办公楼，地块西北面出租用作汽车俱乐部，工棚已经拆除，残留部分洗漱区建筑，地面固化完好。经咨询委托单位淮安天马纺织器材有限公司，地块规划未定，根据租赁协议情况说明该地块现状为工业用地(M)，属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（施行）》（GB36600-2018）中的第二类用地。

2021年11月，淮安天马纺织器材有限公司委托本单位对原江阴市天马镍网有限公司地块进行了土壤污染状况调查。根据调查结论，该地块土壤中部分点位镍超标，需要进行进一步的风险评估，确定是否需要进行后续的风险管控和修复工作，并划定修复和管控范围。因此对该地块土壤和地下水关注因子进行了人体健康风险评估，并编制本报告。

（1）健康风险评估

本报告在前期调查结果的基础上，考虑未来作为工业用地使用评估情景。依据关注污染物筛选方法，确定了评估情景下的关注污染物及其土壤污染暴露浓度等信息。也通过暴露评估，确定了暴露途径，计算出相关途径各污染物的暴露参数。

根据毒性评估以及风险表征计算分析，本地块土壤中镍，对人体健康风险不可接受，需后续修复；

（2）修复目标值建议

根据各评估情景风险控制值计算结果，结合 GB 36600-2018 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值等，提出了修复目标值为 900mg/kg:

(3) 修复范围与修复技术推荐

根据风险评估的结算结果，以及建议的修复目标值，考虑到未来修复工程需要根据以上修复目标值，划定了土壤修复范围，估算确定总修复土壤面积方量为 471.5m³。

通过修复技术初步筛选，推荐的土壤修复技术为水泥窑协同处理技术，推荐的管控技术为固化稳定化技术。最终的修复管控技术还需据地块后续开发设计、可用的修复时间、修复费用等信息综合确定。

(4) 建议

(一) 本次风险评估工作是以该地块现有使用规划为基础进行的，若未来用地规划发生变更，则需要按照新的规划，重新开展风险评估工作；

(二) 建议尽快组织开展有针对性的修复方案编制工作，为后续污染土壤修复提供技术支撑；尽快启动以降低或消除地块污染土壤人体健康风险为目的的治理修复工作，在修复工程开展前，做好修复区域的管理工作，严禁随意开挖；治理修复工程中，同步做好地下水处理。

1 项目概述

1.1 项目背景

原江阴市天马镍网有限公司地块位于江苏省无锡市江阴市徐霞客镇马镇东街 208 号，地块东面为江阴市昌润包装有限公司，南面为空地，西面为湖庄村，北面为东街，占地面积为 8750m²。

地块 1994 年前为农田，1994 年至 1998 年为江阴市天马镍网厂，1998 年转制后更名为江阴市天马镍网有限公司，2018 年企业关停，2019 年厂房设备全部拆除，后地块西北面出租用作汽车俱乐部，地块南面出租用作中建八局施工人员住宿的工棚。目前地块内东北面还存在江阴市天马镍网有限公司的一间车库和办公楼，地块西北面出租用作汽车俱乐部，工棚已经拆除，残留部分洗漱区建筑，地面固化完好。

根据该地块的土壤污染状况调查报告，该地块执行的评价标准是第二类用地筛选值。

2019 年 5 月江阴秋毫检测有限公司对项目地块进行了土壤污染状况调查初步采样分析，调查结论为本地块土壤部分点位镍超标。

2021 年~2022 年，江苏中宜金大分析检测有限公司对地块的土壤污染状况进行了进一步的调查，调查共进行了两次采样检测。根据调查报告，该地块土壤中部分点位镍含量超过第二类用地筛选值，部分点位镍含量超过第二类用地管制值，需要进行进一步的风险评估，确定修复目标值并划定修复和管控范围。该地块的地下水各项指标均符合 IV 类水标准，不需要进行进一步的风险评估工作。

1.2 风险评估范围

本次风险评估的范围为原江阴市天马镍网有限公司地块，占地面积约 8750m²，厂界拐点来自企业宗地图。评估范围还包括南面厂界范围外 150m² 污泥堆场，该污泥堆场是企业生产期间临时堆放电镀污泥，由土地使用权人现场指认边界范围，获取拐点坐标。本地块评估对象为土壤。风险评估范围见图 1.2-1，宗地图见图 1.2-2，地块评估范围拐点坐标见表 1.2-1。

- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日）
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）
- (4) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发〔2016〕31号）
- (5) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部部令第42号，2017年7月1日）；
- (6) 《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》（环保部公告，2018年3号令）；
- (7) 《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）；
- (8) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发〔2016〕31号）；

1.5.2地方有关法规、规章及规范性文件

1. 《关于规范工业企业场地污染防治工作的通知》（苏环办[2013]246号）；
2. 《省政府关于印发江苏省土壤污染防治工作方案的通知》（苏政发[2016]169号）；
3. 《无锡市土壤污染防治工作方案》（锡政发〔2017〕15号）；
4. 《江阴市人民政府关于印发<江阴市土壤污染防治工作方案>的通知》（澄政发〔2017〕69号）；

1.5.3技术导则与技术规范

- (1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）
- (2) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）
- (3) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ682-2019）
- (4) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（原环境保护部公告2017年第72号）
- (5) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环境保护部公告2014年第78号）
- (6) 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）

1.5.4 地块相关资料

(1) 《原江阴市天马镍网有限公司地块土壤污染状况调查报告》（江苏中宜金大分析检测有限公司 2023 年 8 月）

(2) 《中江大院岩土工程详细勘察报告》（2009 年 3 月）

1.6 风险评估程序与内容

风险评估工作的工作内容是为了对调查阶段发现的土壤中的超过筛选值的污染物，在规划用地类型和相应的暴露参数下，计算其致癌效应和非致癌效应，判断该地块是否需要进行修复或者管控并确定修复目标值。划定修复范围，推荐可行的修复技术。对于本项目，已有点位污染数据超过管制值，因此主要目的是反推修复目标值。

(1) 危害识别

收集地块环境调查阶段获得的相关资料和数据，掌握地块土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

(2) 暴露评估

在危害识别的基础上，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块土壤和地下水污染物的主要暴露途径和暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对土壤和地下水中污染物的暴露量。

(3) 毒性评估

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。

(4) 风险表征

在暴露评估和毒性评估的基础上，采用风险评估模型计算土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商，计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定分析。

(5) 风险控制值计算以及提出修复建议目标值

在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如污染地块风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如污染地

全市水系以白屈港东控线为界，分为两大水系，西部属于太湖流域武澄锡低片水系，东部属于澄锡虞高片水系。南北向通江河道主要承担防洪排涝、引水、航运等功能，在长江口门段均建有节制闸控制；东西向河流主要起到沟通水系，排涝、引水调蓄水量等功能。

长江流经江阴市内岸线 35km，江面宽 1.5~4km，水深 30~40m，多年径流量 9730 亿 m³，年平均高潮位 4.04m，低潮位 2.40m。

锡澄运河是市域主干河道，平均水位 3.44m，最高水位 5.04m，最低水位 2.62m。河网水系受边界条件影响较大，尤其是长江潮位影响。

白屈港河北起长江，向南流经长山、山观、云亭等，穿越东横河和澄杨公路入应天河，长 9.8 公里。河道标准港口至应天河段底宽 25 米，底高 0.5 米，边坡 1:2。

老夏港河北起长江，向南流经夏港镇、葫桥、观山，东行至蔡泾入锡澄运河，全长约 12 公里。

江阴市地下水主要有松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水及碎屑岩类裂隙水，地下水天然补给量 2.48 亿 m³/年，平均补给模数为 30 万 m³/km² 年，地下水蕴藏量不丰富，为贫水区。

2.1.2.3 气象气候

江阴市位于长江下游南侧，该区域属亚热带季风气候区，气候温和，四季分明，冬夏较长，春秋较短，日照充足，降水丰富，霜期短，冬无严冬，夏无酷暑，气候宜人。

江阴市主导风向为东北风，静风发生概率为 5.0%，扣除静风下年平均风速为 2.2m/s，非扣除静风下年平均风速为 2.1m/s。春夏季盛行东风，平均风速为 2.2m/s；秋季盛行东北风，平均风速为 1.9m/s；冬季盛行东风，平均风速为 2.0m/s。年平均气温 15.3℃，最高气温 38.9℃，最低气温-11.4℃，年平均气压 1016.5hPa，年平均降雨量 1156.6mm，相对湿度 80%，无霜期 225 天，日照时数 2092.6 小时。

2.1.2.4 土壤

根据《苏南典型地区耕地土壤质量时空变化研究》中所述，江阴市土壤分三大类水稻土、潮土、山地土壤，以水稻土占绝大多数，约占各类土壤总数的 78.6%，水稻土又以潴育型水稻土(黄泥土)面积最大，分布最广，占水稻土面积的 27.1%，其次是黄白土，占水稻土面积的 25.2%。

江阴北部沿江一带为潮土和渗育型水稻土，由长江泥沙冲积沉积母质发育而成，以沙质为主。西南部和东南部为脱潜型水稻土，由湖积母质发育而成，粘性较强。中部为漂洗型水稻土和潴育型水稻土，由黄土状母质发育而成。低山丘陵区为粗骨型黄棕壤和普通型黄棕壤，由砂岩和石英砂岩风化的残积物发育而成。

全市水田土壤有机质平均含量 $2.10 \pm 0.29\%$ ，属中等水平；丘陵山区黄棕壤土有机质平均含量 1.68%。黄泥土是境内分布最广、面积最大的土种，占水稻土面积的 27.1%，黄白土、乌山土、粉沙壤土、中位白土分别占水稻土面积的 25.2%、15%、10.7%、5.5%。旱地土占潮土面积的 78.7%，山黄土占黄棕壤土面积的 43.8%。从《江阴县土壤志》中查得江阴土壤图，根据图中项目地块所在位置可知该地块土壤类别为水稻土。

2.1.3 地块周边敏感目标

经现场踏勘与资料调研，本次调查的地块周边敏感目标如图 2.1-3 所示，周边 500 米范围内存在的敏感目标主要为 5 个居住区，1 条地表径流。距离和方位如表 2.1-1 所示。

根据收集到的相关环保资料可知：原江阴天马镍网有限公司涉及到的危险化学品原料主要有：浓硫酸、盐酸、硫酸镍、氯化镍、重铬酸铵、硫酸铜、丙酮、高锰酸钾和片碱。

表 2.1-5 企业原辅材料清单

序号	化学品名称	年耗量 (t/a)	最大储存量 (t)	储存方式 温度/压力	包装规格	来源及 运输
1	铜块	16	1	常温常压	/	国内购 买汽车 运输
2	镍块	30	5	常温常压	/	
3	98%硫酸	18	1.5	常温常压	5L/玻璃瓶	
4	硫酸铜	1.7	0.3	常温常压	25kg/编织袋	
5	胶水	0.1	0.03	常温常压	/	
6	重铬酸铵	0.1	0.02	常温常压	0.5kg/塑料瓶	
7	硫酸镍	2.6	0.1	常温常压	25kg/编织袋	
8	氯化镍	2.4	0.1	常温常压	25kg/编织袋	
9	硼酸	5	0.3	常温常压	25kg/编织袋	
10	盐酸	1	1	常温常压	25kg/塑料桶	
11	片碱	2	1	常温常压	25kg/编织袋	
12	双氧水	1.9	0.2	常温常压	500ml/塑料瓶	
13	丙酮	0.02	0.02	常温常压	500mL/玻璃瓶	
14	高锰酸钾	0.02	0.01	常温常压	500mL/塑料瓶	
15	无缝钢管	20	1	常温常压	/	

(4) 生产工艺流程

圆筒印花镍网的生产过程主要包括制模和制网两大步骤，以镍板、浓硫酸、硫酸铜、氯化镍等为原料，在电解槽中经过一次电镀、二次电镀制作不同规格的镍网。

将模具在渡槽里进行电镀。将镍块作为阳极，模具作为阴极。镀液为硫酸镍、氯化镍、硼酸，pH 值为 3.0。制作完基网将基网从模具上脱下来再进行第二次电镀，深加工。

②制作成品网

制作成品网的过程与基网的过程相似，将基网加厚到规定的厚度。

印花机圆网制作完后，要对其进行检验其厚度，开孔率，然后进行包装。

(5) 三废产生及防治措施

废气

公司产生废气主要为有组织挥发，主要包括：电镀槽中的硫酸雾，盐酸雾、钝化槽中的铬酸雾等。在生产过程中经引风机吸入喷淋设备，用碱液中和吸收后通过 15 米排气筒排放，排放浓度达到《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）表 4 中的标准。

废水

江阴天马镍网有限公司的生活废水直接纳管处理，生产过程中电解液不需更换，只需定期补充；清洗废水收集于生产线旁的废水收集池（位于地上，材质为 PVC），收集池连接管道（位于地下，材质为 PVC），废水通过由管道输送至地块南面的污水处理中心预处理，处理工艺为离子交换膜，预处理后的废水由泵通过连接管道（位于地下，材质为 PVC）抽至地块外南侧的污泥堆场压滤，压滤后的废水由管道重新泵回污水处理中心循环处理，地块内管线走向见图 2.10-1。

固废

车水不会渗透到项目地块土壤中，对项目地块影响较小，由于洗车过程中存在洗涤剂，所以地下水增加阴离子表面活性剂的特征指标。

2.1.6 污染识别分析与总结

2.1.6.1 地块外污染识别分析

通过上述资料收集、人员访谈及现场踏勘等信息的进一步收集与分析，地块周边历史上存在多家企业。周边企业临近本地块，结合企业的历史生产、原辅料、产品及三废处理情况分析，其排放的气态或液态污染物可能会通过水平和垂直迁移进入本地块，有可能会对地块内的土壤和地下水产生影响。

①江阴市昌润包装有限公司根据现场踏勘该企业原材料为木板，剪裁组装后即完成成品，故不增加特征污染因子。

②无锡升合汽车科技有限公司、江阴市宝睿精密五金有限公司、无锡米技工业自动化科技有限公司、江阴市皓钧机械有限公司、江阴市富昌橡机电控有限公司，主要设备的制造、加工，使用的原料为钢板，不锈钢以铬镍合金为主，切割过程中产生的金属粉尘通过大气沉降、地表径流和淋溶，污染物可能会进入项目地块的土壤和地下水中，造成镍、六价铬的污染；机械设备使用机油进行润滑，因此将**镍、六价铬、石油烃（C10-C40）**定为特征污染因子。

③江阴市湖成塑料电器公司、江阴市霞天电塑实业有限公司，江阴市湖成塑料电器有限公司和江阴市霞天电塑实业有限公司主要从事塑料制品和设备的生产加工，生产过程中造成的主要影响为注塑工序产生的非甲烷总烃和有机废气，保险起见加测**苯、甲苯、乙苯和二甲苯**为特征污染因子。

2.1.6.2 地块内污染识别分析

①江阴市天马镍网有限公司，根据人员访谈可知，企业主要生产镍网制品；生产过程中由于设备或者管路老化废水可能发生渗漏情况、污泥存储可能存在“跑、冒、滴、漏”现象，污染物通过地表径流进入项目地块的土壤和地下水中，对地块产生影响，识别的特征污染因子为：

- a. 镍板、氯化镍、硫酸镍：镍；
- b. 磷铜、硫酸铜：铜；
- c. 硫酸、盐酸、片碱：以 pH 表征；
- d. 硼酸：硼；

- e.含镍污泥：镍、六价铬；
 f.电镀工艺：氰化物；
 g.机器设备润滑：石油烃（C10-C40）
 H.无缝钢管：镉、铍、钴、钒、铬。

②汽车俱乐部洗涤剂：阴离子表面活性剂。

2.1.6.3 污染识别总结

依据企业历史生产情况，综合考虑到原企业生产营运过程可能泄漏物质的理化性质、及其进入环境后的扩散、分散、降解、迁移富集性质等，分析调查地块的潜在污染物。统筹考虑周边企业地块在实际生产过程中涉及到的用量比较大、毒性高且可能会对地块土壤造成污染的化学物质等。综合分析地块内及周边企业潜在的关注污染物，具体如下表 2.1-7 所示。

表 2.1-7 地块及周边特征污染物分析总结表

企业	污染物来源	识别污染物
原江阴天马镍网有限公司	镍板、氯化镍、硫酸镍	土壤和地下水同时检测镍，地下水加测硫酸盐
	磷铜、硫酸铜	土壤和地下水同时检测铜
	硫酸、盐酸、片碱	土壤和地下水同时检测 pH 值
	硼酸	土壤和地下水同时检测硼
	含镍污泥	土壤和地下水同时检测镍、六价铬
	电镀工艺	土壤和地下水同时检测氰化物
	机器设备润滑	土壤和地下水同时检测石油烃（C10-C40）
	无缝钢管	土壤和地下水同时检测镉、铍、钴、钒、铬
汽车俱乐部	硫酸镍	地下水检测阴离子表面活性剂
锡升合汽车科技有限公司、江阴市宝睿精密五金有限公司、无锡米技工业自动化科技有限公	金属粉尘、机油	土壤和地下水同时检测镍、六价铬、石油烃（C10-C40）

企业	污染物来源	识别污染物
司、江阴市皓钧机械有限公司、江阴市富昌橡胶机电控有限公司		
江阴市湖成塑料电器公司、江阴市霞天电塑实业有限公司	注塑工序产生的非甲烷总烃和有机废气	土壤和地下水同时检测苯、甲苯、乙苯和二甲苯

2.2 地块土壤污染状况调查结果

2.2.1 调查结果

2.2.1.1 采样布点

2019年江阴秋毫检测有限公司在调查场地内共设置土壤取样点5个，地下水取样点3个，分别位于成品库、镀铜车间及化学品仓库周边、制网车间西侧、制网车间东侧废水处理中心、污泥堆场。调查显示，地块有1个土壤点位重金属镍超标。

2021年江苏中宜金大分析检测有限公司受淮安天马纺织器材有限公司委托，对原江阴市天马镍网有限公司地块在对已有资料分析与现场踏勘的基础上，采用分区布点法结合系统布点法在地块内布设取样点位，在两个镍网车间布设3个点位，成品仓库布设1个点位、制模车间布设1个点位、仓库、危废仓库和原材料仓库各布设一个点位，共计8个土壤点位，危废仓库、制模车间和镍网车间分别布设一个地下水点位。调查显示：1个土壤点位镍超标，地下水未超标。

2022年江苏中宜金大分析检测有限公司对原江阴市天马镍网有限公司地块进行加密布点，调查在对第一次调查的基础上，采用分区布点法结合系统布点法在地块内布设取样点位，两次调查共布设38个土壤点位，采样深度为6.0m；5口潜水监测井，建井深度为6m。具体点位分布见表2.1-1。采样按照重点区域 $10\times 10\text{m}^2$ ，非重点区域 $20\times 20\text{m}^2$ 进行布点。

表 2.2-1 项目地块土壤布点依据

点位编号	点位性质	布点依据
T1	水土点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间污水收集池处，污水收集池深约2米，面积约 1m^2 。
T2	水土点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间污水收集池处，污水收集池深约2米，面积约 1m^2 。
T3	水土点位	位于重点区域镀铜车间内，在原镀铜车间镀槽处，镀槽位于地上
T4	水土点位	位于重点区域废水处理中心内，在原废水处理中心原水池处，原水池深约3米，面积约 5m^2 。
T5	土壤点位	位于地块西南角
T6	水土点位	位于重点区域污泥堆场内，在地块南面原污泥堆场的待排池处，待排池深约2米，面积约 1m^2 。
T7	土壤点位	位于重点区域镀铜车间内，在原镀铜车间镀槽处，镀槽位于地上

T8	土壤点位	位于重点区域废水处理中心内，在原废水处理中心调节池处，原水池深约3米，面积约5m ² 。
T9	土壤点位	位于重点区域废水处理中心内，在原废水处理中心应急池处，原水池深约3米，面积约5m ² 。
T10	土壤点位	位于重点区域制网车间内
T11	土壤点位	位于重点区域制网车间内污水管道处，污水管道为地下管道PVC材质。
T12	土壤点位	位于重点区域制网车间内活性炭堆放处
T13	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T14	土壤点位	位于重点区域制网车间内污水管道处，污水管道为地下管道PVC材质。
T15	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T16	土壤点位	位于重点区域制网车间内
T17	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T18	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T19	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T20	土壤点位	位于重点区域制网车间内总清洗槽处，清洗槽位于地上
T21	土壤点位	位于重点区域制网车间内总清洗槽处，清洗槽位于地上
T22	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T23	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T24	土壤点位	位于重点区域制网车间内，在原制网车间镀槽处，镀槽位于地上
T25	土壤点位	位于非重点区域五金仓库内
T26	土壤点位	位于非重点区域雨水管道处
T27	土壤点位	位于重点区域制模车间内抛模机处
T28	土壤点位	位于重点区域镀铜车间内
T29	土壤点位	位于重点区域危化品仓库内
T30	土壤点位	位于重点区域污泥堆场内
H1 (原 T1)	土壤点位	位于非重点区域车库内
H2 (原 T2)	土壤点位	位于非重点区域成品库内
H3 (原 T3)	土壤点位	位于非重点区域成品库内
H4 (原 T4)	土壤点位	位于重点区域制网车间污水管道处

2.2.1.2 土壤检测结果与分析

详细调查监测土壤检测指标包括：重金属（7个指标）、挥发性有机物（27个指标）和半挥发性有机物（11个指标）、pH值、石油烃（C10-C40）、氰化物、硼、铈、铍、钴、钒、铬。

地块内部共选取了199个土壤样品检测pH值，各点位土壤样品pH值处于5.02~9.41之间。受检的土壤样品中：砷、铜、镉、铅、汞、六价铬检出含量均未超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地相应筛选值；T1（0-0.5m）镍检出值1550mg/kg；T3（0-0.5m）镍检出值1460 mg/kg；T4（0-0.5m）镍检出值4710 mg/kg；T11（0-0.5m）镍检出值6720mg/kg，（0.5-1.0m）镍检出值4100mg/kg，（1.0-1.5m）镍检出值4440mg/kg；T12（0-0.5m）镍检出值1300 mg/kg；T23（0-0.5m）镍检出值3200mg/kg均超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地相应筛选值。

表 2.2-1 调查地块土壤数据统计表

点位 T1~T30（2022年）																		
检测项目 (mg/kg)	pH	砷	镉	六价 铬	铜	铅	汞	镍	硼	铬	钴	钒	铈	铍	氰 化 物	VOCs	SVOCs	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)
二类用地筛选 值	/	60	65	5.7	1800 0	800	38	900	200 000	291 0	70	752	180	29	135	/	/	4500
T1~T30 最小值	5.02	2.55	0.0 3	ND	15	9.5	0.011 6	25	14. 2	54	6.4 2	75. 1	0.8	3.5 8	0.04	ND	ND	ND
T1~T30 最大值	9.41	17.2	0.3 4	ND	1610	37. 8	0.289	672 0	224	123	23. 8	165	8.2	12. 8	0.1	ND	ND	273

点位 H1~H8 (2021 年)											
检测项目 (mg/kg)	pH	镍	铜	砷	镉	铅	汞	六价铬	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	氯苯	VOCs (26 种)
二类用地筛选值	/	900	18000	60	65	800	38	5.7	4500	270	/
H1~T8 最小值	8.2 1	1110	49	15.2	0.144	27.6	0.0601	0.8	515	0.159	ND
H1~T8 最大值	5.9 3	25	13	4.04	0.0348	12	0.0131	ND	ND	ND	ND

- 1、筛选值为《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地标准；
- 2、“ND”表示指标检测结果低于检出限；
- 3、最大值、最小值统计结果不包含对照点数据。

加密点位中:S3和S5的土壤0-0.5m样品镍检出值为4800mg/kg和2090mg/kg,超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)第二类用地相应筛选值,其他点位土壤镍检出值均未超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)第二类用地相应筛选值。

表 2.2-3 超标点位加密排查检测结果

点位名称	采样深度(m)	镍	点位名称	采样深度(m)	镍
		mg/kg			mg/kg
二类用地筛选值		900	二类用地筛选值		900
S1	0-0.5	36	S11	0-0.5	136
	1.0-1.5	69		0.5-1.0	35
	2.5-3.0	52		1.0-1.5	86
S2	0-0.5	66	S10	0-0.5	234
	1.0-1.5	32		0.5-1.0	228
	2.5-3.0	500		1.0-1.5	90
	4.0-5.0	35		0-0.5	100
S3	0-0.5	4.8×10³	S9	0.5-1.0	197
	1.0-1.5	313		1.0-1.5	39
	2.0-2.5	187	S8	0-0.5	61
	3.0-4.0	81		0.5-1.0	45
S4	0-0.5	41		1.0-1.5	111
	1.0-1.5	38	S7	0-0.5	91
	2.0-2.5	37		0.5-1.0	98
	3.0-4.0	30		2.0-2.5	64
S5	0-0.5	2.09×10³	S6	0-0.5	62
	1.0-1.5	564		1.0-1.5	43
	2.0-2.5	46		2.0-2.5	48

点位名称	采样深度(m)	镍	点位名称	采样深度(m)	镍
		mg/kg			mg/kg
二类用地筛选值		900	二类用地筛选值		900
	3.0-4.0	48	/	/	/
SS5	0-0.5	32	SS7	0-0.5	36
	0.5-1.0	38		1.0-1.5	33
	1.5-2.0	43		1.5-2.0	34
	3.0-4.0	45		3.0-4.0	30
SS6	0-0.5	35	SS8	0-0.5	27
	0.5-1.0	38		1.0-1.5	36
	1.5-2.0	32		2.5-3.0	34
	4.0-5.0	35		5.0-6.0	28

备注：S5-S8 数据分别对应 C20211211006 检测报告中 T5-T8。

表 2.2-5 土壤超标结果汇总表

超标点位	超标深度	超标因子	检出值 mg/kg	超标倍数	标准值
T1	0-0.5m	镍	1550	0.72	900mg/kg
T3	0-0.5m		1460	0.62	
T4	0-0.5m		4710	4.23	
T11	0-0.5m		6720	6.47	
	0.5-1.0m		4100	3.56	
	1.0-1.5m		4440	3.93	
T12	0-0.5m		1300	0.44	
T23	0-0.5m		3200	2.56	

2.2.1.3 地下水检测结果与分析

本次调查监测地下水点位共 6 个，根据江苏中宜金大分析检测有限公司提供的检测报告（C20230602007），地下水所有检测项目均未超过标准，检测结果如表 2.2-6 所示。

表 2.2-6 地下水监测结果表

检测项目	地下水检出值						IV 类水质 标准限值
	D1	D2	D3	D4	D5	Dck	
pH 值	8.0	7.8	7.2	7.4	7.6	8.39	5.5≤pH≤9.0
汞 (μg/L)	0.25	0.29	0.30	0.28	0.30	0.04	≤2
镍 (μg/L)	74.5	26.8	32.4	36.5	73.1	15.0	≤100
砷 (μg/L)	1.33	4.89	1.44	1.78	1.81	44.2	≤50
铅 (μg/L)	2.18	7.51	0.42	78.7	0.82	0.16	≤100
铬 (μg/L)	1.63	3.09	2.01	1.50	6.10	2.29	/
锌 (μg/L)	48.0	33.9	29.2	36.9	22.7	11.8	≤5000
镉 (μg/L)	ND	ND	0.07	0.06	ND	ND	≤10
六价铬 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	≤0.1
铍 (μg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	0.07	≤60
铝 (μg/L)	87.2	107	68.7	48.2	73.2	181	≤500
钴 (μg/L)	0.14	0.36	0.29	0.76	0.26	0.78	≤100
钒 (μg/L) *	2.15	11.7	2.06	0.45	1.75	0.44	≤3900
铈 (μg/L)	2.64	2.36	1.62	1.32	2.10	0.16	≤10
硼 (μg/L)	302	278	758	822	1010	68.8	≤2000
铜 (μg/L)	4.00	2.35	30.6	18.4	19.8	0.38	≤1500
铁 (μg/L)	78.8	110	88	107	126	148	≤2000
钠 (mg/L)	44.6	35.8	28.8	30	29.5	80.3	≤400
氰化物 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.1
硫酸根 (mg/L)	96.6	58.7	105	120	129	130	≤350
氯离子 (mg/L)	41.1	36.9	25.9	27.1	30.9	55.5	≤350
硫化物 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	≤0.1
耗氧量 (mg/L)	8.7	9.2	3.9	8.9	5.4	4.82	≤10
溶解性总固体 (mg/L)	1030	622	840	850	910	1510	≤2000

检测项目	地下水检出值						IV类水质 标准限值
	D1	D2	D3	D4	D5	Dck	
阴离子表面活性剂 (mg/L)	ND	0.055	ND	0.153	ND	ND	≤0.3
苯 (μg/L)	ND	4.8	ND	7.3	ND	ND	≤120
硝基苯 (μg/L) *	ND	ND	2.26	ND	0.757	ND	≤2000
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) (mg/L) *	0.04	0.21	0.07	1.00	0.06	ND	≤1.2
25项 VOCs (μg/L)	均未检出						
11项 SVOCs (μg/L)	均未检出						
注：1、限值为《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类水质标准； 2、*为限值参照《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》（沪环土[2020]62号）第二类用地筛选值； 3、“ND”表示数据未检出，检测结果小于检出限。							

体计算公式简述如下，公式的选择参考《污染场地风险评估技术导则》，各公式中符号所代表的意义请见表 4.2-1 所示。

(1) 经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量计算如下：

$$OISER_{ca} = \frac{OISER_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BWA \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$OISER_{nc} = \frac{OISER_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BWA \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

(2) 皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，皮肤接触土壤途径土壤暴露量采用以下公式计算：

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times ED_a \times EF_a \times E_v \times ABS_d}{BWA \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times ED_a \times EF_a \times E_v \times ABS_d}{BWA \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

(3) 吸入土壤颗粒物

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_a + f_{spi} \times EFl_a)}{BWA \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量计算如下：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_a + f_{spi} \times EFl_a)}{BWA \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

4.3.2 土壤暴露量

根据地块土地利用规划，对第二类用地情景进行暴露量计算，土壤中镍的致癌效应和非致癌效应，暴露量计算结果分别见表 4.3-1 所示。

6.1.7 评估模型不确定说明

本次污染地块人体健康风险评估是在地块详细调查的基础上进行的。评估过程中考虑了土地利用方式、土地规划、受体活动方式（暴露情景）等。基本上比较全面、准确定量的评估了规划后地块污染对人体健康的风险，筛选出了在本次调查基础上需要优先关注的污染物。

由于仅进行了一次调查，评估计算中所需要的特征参数信息仍不够完善，进行评估和风险控制值计算时仍比较多的采用推荐参数，因此评估结果也存在一定的不确定性。不确定性主要来源于以下几个方面：

（1）计算模型的不确定性：风险评估按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的基本要求计算。虽然风险评估的计算模型是基于理论原理建立，且长期以来被广泛应用于实际污染地块的风险管理决策，但必须认识到几乎没有一个数学模型可以完全准确地描述污染物迁移和暴露的全过程。随着技术的发展，暴露计算和风险计算的方法可能会发生改变。

（2）模型参数：评估中采用的人体暴露参数、建筑物参数，特别是敏感性较大的参数，大多采用推荐值，推荐值的设定均考虑的为最保守的状态（即最严格控制风险），评估出的风险区域有可能偏高，使得风险控制值相对偏严；

（3）人群活动方式：人群活动方式决定着人群的暴露频次、暴露周期、暴露量等主要参数，本次评估中人群活动方式信息按照导则推荐参数进行推测，由此也对最终评估结果也会产生一定的不确定性。

（4）降雨、迁移扩散、生物降解等自然环境因素引起的地块土壤及地下水中污染物浓度随时间的自然衰减，而人体健康风险评估是以尽可能保守的思路，对人体在整个生命周期中可能的暴露情景、暴露途径及产生的暴露量进行评估，因此对所评估的周期内未对上述自然衰减等情况进行考虑。由此可能会一定程度高估对人体健康产生的风险，但不至于遗漏或忽略对人体可能产生的危害。

6.1.8 风险表征小结

根据上述风险表征计算、贡献率和参数敏感性分析，本地块土壤中镍对人体健康风险不可接受，需进行后续修复。土壤镍的关键暴露途径为吸入土壤颗粒物。

6.2 风险控制值计算

6.2.1 风险控制值计算公式

(1) 基于致癌风险的风险控制值

基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物致癌风险的风险控制值计算分别采用以下公式计算：

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o}$$

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d}$$

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i}$$

基于上述 3 种暴露途径综合致癌风险的土壤限值计算公式如下：

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSE_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOVER_{ca1}) \times SF_i}$$

(2) 基于非致癌风险的土壤风险控制值

基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物非致癌风险效应的风险控制值分别采用以下公式计算：

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}}$$

$$HCVS_{dcs} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{DCSER_{nc}}$$

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}}$$

基于上述 3 种暴露途径综合非致癌风险的土壤限值计算公式如下：

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\left(\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1}}{RfD_i} \right)}$$

6.2.2 风险控制值计算结果

按照单一污染物致癌风险可接受水平 10^{-6} 、非致癌物质风险可接受水平 1 可接受风险水平设定，并根据上述计算公式，反推得到本地块工业用地类型下土壤镍的风险控制值，计算结果如表 6.2-1 所示。

表 6.2-1 工业用地类型下土壤风险控制值计算结果

9 结论和建议

9.1 结论

(1) 根据上述危害识别、暴露评估、毒性评估以及风险表征计算，本地块表层（0~1.5m）土壤中镍在经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物等暴露途径下，对人体健康风险不可接受，需进行后续修复。

(2) 通过反推计算的风险控制值及筛选值对比，给出了本地块二类用地类型下、土壤中镍的修复目标建议值为 900mg/kg。

(3) 根据以上修复目标值，划定了土壤修复范围，估算确定总修复土壤面积方量为 471.5m³。

(4) 通过修复技术初步筛选，推荐的土壤修复技术为水泥窑协同处理技术或稳定化固化的管控技术。最终的修复管控技术还需据地块后续开发设计、可用的修复时间、修复费用等信息综合确定。

9.2 建议

(1) 本次风险评估工作是以该地块现有使用规划为基础进行的，若未来用地规划发生变更，则需要按照新的规划，重新开展风险评估工作；

(2) 建议尽快组织开展有针对性的修复方案编制工作，为后续污染土壤修复提供技术支撑；尽快启动以降低或消除地块污染土壤人体健康风险为目的的治理修复工作，在修复工程开展前，做好修复区域的管理工作，严禁随意开挖；治理修复工程中，同步做好地下水处理。

9.3 不确定性分析

地块风险评估过程可能受到多种因素的影响，从而给评估结果带来一定的不确定性。影响本次风险评估结果的不确定性因素主要包括：

(1) 本次污染物评估采用的模型为导则推荐的风险评估计算模型，由于模型的简化假设（暴露浓度恒定、三相平衡分配等）、模型参数选用推荐值等均会造成风险评估一定的不确定性。这部分不确定性大多是基于保守的思路和假设，会对健康风险产生一定的高估。此外，地块土壤后续去向的不确定性也会造成一定的风险暴露途径的不确定。

(2) 由于土壤的非均质性和污染物的自然分布并不完全符合插值模型的数学假设, 通过分散的超标点位浓度数据推定污染区域范围存在着一定的不确定性。

综上, 受限于科学技术水平的发展, 我国土壤污染调查和风险评估仍处于不断完善阶段, 其评估结果和划定的污染范围仍存在一定的不确定性, 通过一定的合理保守处理, 通常会造成一定程度上的风险高估, 但较大程度能够保障未来地块在规划利用情景下的人居安全。