

典型水处理剂生产企业遗留地块土壤污染状况调查

余期冲¹, 王梦良¹, 朱步飞², 郑玉虎^{1,3}, 张启⁴

¹南京大学环境规划设计研究院集团股份公司, 江苏 南京

²瑞清环境研究院(江苏)有限公司, 江苏 南京

³南京大学环境学院, 江苏 南京

⁴南大环境规划设计研究院(江苏)有限公司, 江苏 南京

收稿日期: 2024年11月27日; 录用日期: 2024年12月25日; 发布日期: 2025年1月9日

摘要

本文以某典型水处理剂及中间体生产企业遗留地块为研究对象开展土壤污染状况调查, 调查结果显示, 地块内土壤中污染物含量均低于GB 36600-2018中第二类用地筛选值, 地下水除氨氮和硫酸盐外其他污染物浓度均低于GB/T 14848-2017中的IV类水标准限值。在地块内地下水不作为饮用水用途的情况下, 无人体健康风险, 未来可规划作为第二类用地开发利用。

关键词

水处理剂, 现场采样, 土壤污染状况调查

Soil Pollution Investigation for the Remaining Site of Typical Water Treatment Chemicals Production Enterprises

Qichong Yu¹, Mengliang Wang¹, Bufei Zhu², Yuhu Zheng^{1,3}, Qi Zhang⁴

¹Academy of Environmental Planning & Design Co., Ltd., Nanjing University, Nanjing Jiangsu

²Ruiqing Environmental Research Institute (Jiangsu) Co., Ltd., Nanjing Jiangsu

³School of Environment, Nanjing University, Nanjing Jiangsu

⁴Academy of Environmental Planning & Design (Jiangsu) Co., Ltd., Nanjing University, Nanjing Jiangsu

Received: Nov. 27th, 2024; accepted: Dec. 25th, 2024; published: Jan. 9th, 2025

文章引用: 余期冲, 王梦良, 朱步飞, 郑玉虎, 张启. 典型水处理剂生产企业遗留地块土壤污染状况调查[J]. 土壤科学, 2025, 13(1): 15-22. DOI: 10.12677/hjss.2025.131003

Abstract

In this paper, taking a typical water treatment chemical and the remaining site of intermediate production enterprises as the research object, a soil pollution investigation was conducted. The survey results showed that the pollutant content in the soil of the land was lower than the screening value of the second-class land use in GB 36600-2018, and the concentration of other pollutants in the groundwater except for ammonia, nitrogen, and sulfate is lower than the standard limit of class IV water in GB/T 14848-2017. There is no human health risk in the case that the groundwater in the parcel is not used for drinking water, and it can be planned for development and utilization as a second-class land use in the future.

Keywords

Water Treatment Chemicals, Scene Sampling, Investigation of Soil Pollution

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水处理剂是指为了除去水中的大部分有害物质(如腐蚀物、金属离子、污垢及微生物等), 广泛用于石油、化工、冶金、交通、轻工、纺织等工业部门。常见的水处理剂有: 絮凝剂、七水硫酸亚铁、聚合铁盐、氢氧化钙、聚合氯化铝、阻垢缓蚀剂、聚丙烯酰胺等[1]。本文以江苏某化学有限公司遗留地块为研究对象, 该企业主要从事水处理剂及中间体的生产和销售, 地块属于土壤污染防治重点监管单位, 根据《中华人民共和国土壤污染防治法》和《污染地块土壤环境管理办法(试行)》的规定, 通过资料收集、现场踏勘、人员访谈、调查采样、实验室检测、数据分析及调查报告编制, 对该地块开展土壤污染状况调查, 旨在为其后续土地规划及环境管理提供科学依据[2]。

2. 第一阶段调查

2.1. 资料收集

本次研究收集到的资料包括地块内企业及周边企业环评资料、土地利用历史、周边企业土壤污染状况调查报告、地块内地质勘察报告等资料。

2.2. 地块基本信息

原江苏某化学有限公司地块位于江苏省徐州某工业园区, 地块东侧为工业水厂, 南侧为一河流, 西侧为化工企业, 北侧为印染厂, 占地面积约 26,600 平方米(约 40 亩)。该公司主要从事水处理剂及中间体的生产和销售, 产品包括羟基乙叉二膦酸、聚合氯化铝、复合阻垢缓蚀剂等。含氯化氢尾气吸收系统产生的废水经过处理后回用于生产, 生活污水排入园区污水处理厂。工艺废气通过精馏塔回收乙酰氯和氯化氢, 再通过水喷淋吸收处理, 无组织排放的废气通过碱吸收处理系统, 确保废气达标排放。生产过程中产生的废活性炭和废零部件进行分类收集和外售, 生活垃圾由环卫部门清运, 无生产废水外排。

2.3. 地块污染识别

根据对已有资料的分析，涉及的特征污染物为：重金属(砷、镉、铜、铅、镍、汞)、氨氮、硫化物、硫酸盐、氟化物、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、多环芳烃、石油烃(C₁₀~C₄₀)等。地块内原料库、成品库、水处理剂车间、公用工程车间、聚铝生产区等历史上曾涉及有毒有害污染物的贮存或处理，将其识别为重点关注区域，其他区域识别为非重点关注区域[3]。

3. 第二阶段调查

3.1. 布点采样方案

1) 布点方案

本次土壤污染状况调查采用专业判断布点法和系统布点法相结合的方式进行布点[4]-[7]。在非重点关注区域按照每1600平方米不少于1个土壤调查点的要求，40×40米划定网格，在网格中心进行布点与采样分析，以识别污染区域和污染物。在重点关注区域满足每1600平方米不少于1个土壤调查点要求的同时，每个重点区域至少布置一个土壤点位，重点将点位布置在原料库区、成品库区、水处理剂车间等最有可能产生污染的位置。地下水监测点位按照每6400平方米不少于1个地下水调查点的要求，将其布置在最有可能存在污染的区域。地表水和底泥监测点根据原地块内的积水情况，共计4个地表积水/底泥点位。本次地块内共计布设38个土壤监测点、6个地下水监测点和4个地表积水/底泥点位，点位具体布设位置见图1。此外，为查明土壤和水体中污染物的对照浓度，在地块外西北侧695米处设置土壤和地下水对照监测点1个。



Figure 1. Summary map of point placement

图 1. 点位布设汇总图

2) 钻探及采样深度

根据本地块早期地勘资料(见表1)可知，分析得出地块勘察深度内地下水类型为潜水，主要赋存于①

层粉土中，主要受大气降水及地表水补给。本次调查按平均厚度计算，层1至层3深度为8.5 m，采样阶段单独土壤点和水土复合点的钻探深度设计为7.5 m，钻探至粘土层，但不打穿隔水层底板。采样不得跨层，采集送检样品点位包括表层(0~0.5 m)、水位线附近0.5 m范围内土壤和柱状样底部土壤(7.0~7.5 m)样品，其他深度处土壤综合考虑PID和XRF快筛情况及土层性质进行送检，在采样不跨层且采样间隔不超过2米的前提下送检PID或XRF检出结果相对较高的样品进行送检。

地下水监测井设置深度为7.5米，地下水石油烃(C₁₀~C₄₀)样品采样深度为含水层水位线以上0.5米，其他样品采样深度为地下水水位线0.5米以下。地表水/地表积水石油类样品采集水面上部水样，其他样品采集水面以下0.5 m水样。

Table 1. Basic information table of cited geological exploration**表1.** 引用地勘基本信息表

序号	土层岩性	层厚(m)		地下水埋深范围(m)
		范围	平均	
1	粉土	4.30~4.70	4.5	
2	粘土	2.40~2.90	2.7	
3	粘土	1.10~2.00	1.3	1.5~2.5
4	含砂浆粘土		该层未揭穿	

3) 检测因子

Table 2. Soil testing index**表2.** 土壤检测指标

类别	检测因子
挥发性有机物 (62项)	二氯二氟甲烷、氯甲烷、氯乙烯、溴甲烷、氯乙烷、三氯氟甲烷、1,1-二氯乙烯、丙酮、碘甲烷、二硫化碳、二氯甲烷、反式-1,2-二氯乙烯、1,1-二氯乙烷、顺式-1,2-二氯乙烯、2,2-二氯丙烷、2-丁酮、溴氯甲烷、氯仿、1,1,1-三氯乙烷、1,1-二氯丙烯、四氯化碳、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2-二氯丙烷、二溴甲烷、一溴二氯甲烷、4-甲基-2-戊酮、甲苯、1,1,2-三氯乙烷、四氯乙烯、1,3-二氯丙烷、2-己酮、二溴氯甲烷、1,2-二溴乙烷、氯苯、1,1,1,2-四氯乙烷、乙苯、1,1,2-三氯丙烷、间,对-二甲苯、邻-二甲苯、苯乙烯、溴仿、异丙苯、1,1,2,2-四氯乙烷、溴苯、1,2,3-三氯丙烷、正丙苯、2-氯甲苯、1,3,5-三甲基苯、4-氯甲苯、叔丁基苯、1,2,4-三甲基苯、仲丁基苯、4-异丙基甲苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、正丁基苯、1,2-二氯苯、1,2-二溴-3-氯丙烷、1,2,4-三氯苯、1,2,3-三氯苯
半挥发性有机物 (62项)	N-亚硝基二甲胺、苯酚、苯胺、二(2-氯乙基)醚、苯并(a)蒽、2-甲基苯酚、二(2-氯异丙基)醚、4-甲基苯酚、N-亚硝基二正丙胺、六氯乙烷、硝基苯、异佛尔酮、2-硝基苯酚、2,4-二甲基苯酚、二(2-氯乙氧基)甲烷、2,4-二氯苯酚、萘、4-氯苯胺、六氯丁二烯、4-氯-3-甲基苯酚、2-甲基萘、六氯环戊二烯、2,4,6-三氯苯酚、2,4,5-三氯苯酚、2-氯萘、2-硝基苯胺、邻苯二甲酸二甲酯、2,6-二硝基甲苯、苊烯、3-硝基苯胺、苊、2,4-二硝基苯酚、4-硝基苯酚、二苯并呋喃、2,4-二硝基甲苯、邻苯二甲酸二乙酯、4-氯苯基苯基醚、芴、4-硝基苯胺、4,6-二硝基-2-甲基苯酚、偶氮苯、4-溴二苯基醚、六氯苯、五氯苯酚、菲、蒽、苊烯、邻苯二甲酸二正丁酯、荧蒽、芘、邻苯二甲酸丁基苄基酯、苯并(a)蒽、䓛、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二正辛酯、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(ghi)芘、3,3'-二氯联苯胺
石油烃类	石油烃(C ₁₀ ~C ₄₀)
无机物	氟化物、氨氮
重金属	砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍
理化性质	pH值

考虑到该地块周边企业较多且收集到的环评资料编制时间较久远，另外本次调查地块为化工企业，为防止污染识别环节对特征污染物有所遗漏，对检测公司 CMA 认证能力范围内的 VOCs 及 SVOCs 全项进行检测。同时，根据特征污染物检测判定情况，结合《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)的要求，确定本地块检测因子，具体见表 2。

3.2. 现场采样及实验室检测

1) 现场采样

本次调查委托已获 CMA 认证的第三方检测机构进行土壤、地下水、地表水等样品的采样检测工作。本次现场使用 XRF 和 PID 设备进行现场快筛辅助采样[8]，地块内实际土壤采样点 38 个，地块外土壤对照点 1 个，共采集土壤样品 213 份(包括平行样 22 份)；本次采样地块内实际地下水采样点 6 个，地块外地下水对照点 1 个，共采集地下水样品 9 份(包括平行样 2 份)；本次采样地块内实际地表积水/底泥采样点 4 个，地块外地表积水/底泥对照点 1 个，共采集地表积水/底泥样品 6 份(包括平行样 1 份)。

2) 实验室检测

样品检测分析工作符合《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》和《地下水质量标准》等相关规定要求，检测设备主要包括 X 射线荧光光谱仪 XRF、有机挥发检测仪 PID、电感耦合等离子体质谱仪 ICP/MS、吹扫捕集气相色谱质谱仪 P&T GC/MS、气相色谱质谱仪 GC/MS、气相色谱仪 GC、液相色谱仪 HPLC、原子吸收光度计 AA、原子荧光光度计 AFS、紫外可见光分光光度计 UV/Vis 等。按照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004)、《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》(HJ 1019-2019)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ 25.2-2019)和相关检测标准方法的要求，本项目利用运输空白、全程序空白、实验室空白、现场平行、实验室平行、加标回收和标准样品等手段控制精密度和准确度，以保证土壤检测数据的准确性和可靠性[9]。其中，土壤运输空白、全程序空白共计 5 套，底泥运输空白、全程序空白共计 1 套，所有挥发性有机污染物均未检出；地下水运输空白共计 2 套、地表水运输空白共计 1 套，所有挥发性有机污染物均未检出；地下水全程序空白共计 2 套、地表水全程序空白共计 1 套，所有无机污染物、重金属污染物及有机污染物均未检出；另外，土壤实验室空白共计 5 套，底泥实验室空白共计 1 套，地下水实验室空白共计 2 套，地表水实验室空白共计 1 套，所有无机污染物、重金属污染物及有机污染物均未检出。

4. 调查结果分析

4.1. 筛选值和标准限值选定

本次地块内土壤样品检出氟化物、铜、镍、铅、镉、砷、汞、氨氮、氯乙烯、二硫化碳、苯、1,2-二氯乙烷、甲苯、氯苯、乙苯、间，对-二甲苯、2-氯甲苯、1,3,5-三甲基苯、4-氯甲苯、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、石油烃(C₁₀~C₄₀)等因子，其中氟化物、氨氮、二硫化碳、2-氯甲苯、1,3,5-三甲基苯、4-氯甲苯参考《河北省地方标准 建设用地土壤污染风险筛选值》(DB13/T 5216-2020)中第二类用地筛选值，其他因子评价标准均参考《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)第二类用地标准[10]。

本次地块内地下水样品检出砷、氨氮、硫酸盐、硝酸盐(以 N 计)、亚硝酸盐(以 N 计)、氯化物、氟化物、硫化物、苯酚、4-甲基苯酚、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二甲酯、石油烃(C₁₀~C₄₀)等因子，其中石油烃(C₁₀~C₄₀)参考《上海市建设用地地下水污染风险管控筛选值补充指标》(沪环土[2020]62 号)中第二类用地筛选值，苯酚、4-甲基苯酚、邻苯二甲酸二甲酯地下水中标准限值根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)要求计算所得，其他因子评价标准均参考《地下水质量标准》

(GB/T 14848-2017) IV类标准值。

4.2. 检测结果分析

Table 3. Analysis of soil sample test results (Unit: mg/kg, pH dimensionless)**表 3.** 土壤样品检测结果分析(单位: mg/kg, pH 无量纲)

检测项目	检出限	第二类用地筛选值	地块内土壤采样点位				地块外对照点		
			最小值	最大值	平均值	检出比	超标率	最小值	最大值
pH	-	-	7.98	9.94	9	185/185	-	8.99	9.16
氟化物	63	10000	105.14	1220	439.88	185/185	0	336.25	936.94
氨氮	0.1	1200	0.08	32.57	4.15	185/185	0	0.71	3.43
铜	1	18000	10	47	18	185/185	0	13	22
镍	3	900	8	46	26	185/185	0	20	35
铅	0.1	800	14.1	128.1	32.6	185/185	0	19.08	39.4
镉	0.01	65	0.02	0.14	0.06	185/185	0	0.05	0.07
砷	0.01	60	0.02	19.8	6.26	185/185	0	4.71	7.8
汞	0.002	38	0.003	1.587	0.02	185/185	0	0.01	0.02
氯乙烯	0.001	0.43	ND	0.1154	0.0017	10/185	0	ND	ND
二硫化碳	0.001	228	ND	0.0525	0.0017	23/185	0	ND	ND
苯	0.0019	4	ND	0.0353	0.00017	1/185	0	ND	ND
1,2-二氯乙烷	0.0013	5	ND	0.5573	0.0035	7/185	0	ND	ND
甲苯	0.0013	1200	ND	0.0187	0.00009	1/185	0	ND	ND
氯苯	0.0012	270	ND	0.0516	0.00024	1/185	0	ND	ND
乙苯	0.0012	28	ND	0.0089	0.00004	1/185	0	ND	ND
间,对-二甲苯	0.0012	570	ND	0.0126	0.00006	1/185	0	ND	ND
2-氯甲苯	0.0013	910	ND	0.0036	0.00002	1/185	0	ND	ND
1,3,5-三甲基苯	0.0014	180	ND	0.1567	0.00074	1/185	0	ND	ND
4-氯甲苯	0.0013	250	ND	0.0028	0.00001	1/185	0	ND	ND
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	0.1	121	ND	0.8	0.00896	4/185	0	ND	ND
邻苯二甲酸二正辛酯	0.2	2812	ND	0.4	0.0033	2/185	0	ND	ND
石油烃(C ₁₀ ~C ₄₀)	6	4500	8	289	34	185/185	0	27	54
									39

注: ND 表示低于检测限。

通过将地块内调查点位的柱状土样品检测结果与筛选值及对照点柱状土样品检测结果比对分析可知: 地块外对照点土壤样品的 pH 值范围为 8.99~9.16, 说明土壤 pH 背景值呈轻度~中度碱化; 地块内调查点位土壤样品的 pH 值范围为 7.98~9.94, 呈轻度~重度碱化。地块内土壤样品共检出 2 项无机物(氟化物、氨氮)、6 项重金属(铜、镉、镍、铅、砷、汞)、11 项挥发性有机物(氯乙烯、二硫化碳、苯、1,2-二氯乙烷、甲苯、氯苯、乙苯、间,对-二甲苯、2-氯甲苯、1,3,5-三甲基苯、4-氯甲苯)、2 项半挥发性有机物(邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二正辛酯)和石油烃(C₁₀~C₄₀); 地块外对照点土壤样品共检出 2 项无

机物(氟化物、氨氮)、6项重金属(铜、镉、镍、铅、砷、汞)和石油烃(C₁₀~C₄₀)。各项检出因子的检测结果最大值均低于第二类用地筛选值。本次调查邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯和邻苯二甲酸二正辛酯检出率和检出值均比较低:邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯检出率仅为2.16%,在B3土壤点(原配电室位置处)获得最大检出值0.8 mg/kg;邻苯二甲酸二正辛酯检出率仅为1.08%,同样在B3点(原配电室位置处)获得最大检出值,为0.4 mg/kg。推测是由于企业生产或员工生活过程中使用过塑料类物质,导致调查地块内土壤检出了微量邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯和邻苯二甲酸二正辛酯。具体检测结果见表3。

通过将地块内调查点位的地下水样品检测结果与标准限值及对照点地下水样品检测结果比对分析可知:地块外对照点地下水样品的pH值为7.5,说明该地块地下水pH背景值偏弱碱性;地块内调查点位地下水样品的pH值范围为7.2~7.3,同样呈弱碱性。地块内地下水样品共检出7项无机物(氨氮、硫酸盐、硝酸盐(以N计)、亚硝酸盐(以N计)、氯化物、氟化物、硫化物)、2项重金属(砷、汞)、4项半挥发性有机物(苯酚、4-甲基苯酚、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二甲酯)和石油烃(C₁₀~C₄₀)等14项污染物,除水处理剂车间位置处的C2-2/GW和聚铝生产区位置处D3-2/GW地下水中氨氮浓度、成品库区位置E1-1/GW地下水中的硫酸盐浓度超出IV类地下水标准限值之外,其他各项检出因子的检测结果均未超出评价标准。具体检测结果见表4。

Table 4. Analysis of groundwater sample test results (Unit: μg/L, pH dimensionless)

表4. 地下水样品检测结果分析(单位: μg/L, pH 无量纲)

检测项目	检出限	标准值	地块内地下水采样点位				地块外对照点	
			最小值	最大值	平均值	检出比	超标样品数	DZ/GW
pH值	-	5.5~6.5 8.5~9.0	7.1	7.3	7.2	6/6	0	7.5
砷	0.3	50	0.4	23.8	7.7	6/6	0	6.7
汞	0.04	2000	0.09	0.09	0.09	1/6	0	ND
氨氮	25	1500	66	2830	1162	6/6	2	1.226
硫酸盐	18	350000	22200	1190000	304600	6/6	1	163
硝酸盐(以N计)	16	30000	139	943	541	2/6	0	0.169
亚硝酸盐(以N计)	16	4800	36	584	274	3/6	0	0.135
氯化物	7	350000	8340	122000	68473	6/6	0	110
氟化物	6	2000	267	1270	641	6/6	0	0.38
硫化物	3	100	32	32	32	1/6	0	ND
苯酚	1	13500	12	12	12	1/6	0	ND
4-甲基苯酚	1	4510	13.3	13.3	13.3	1/6	0	ND
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	1	300	3.2	6.8	4.9	3/6	0	7.6
邻苯二甲酸二甲酯	1	36100	8.5	13.8	11.2	2/6	0	ND
石油烃(C ₁₀ ~C ₄₀)	10	1200	200	590	398	6/6	0	0.36

注: ND 表示低于检测限。

通过将地块内调查点位的地表水样品/底泥检测结果与标准限值比对分析可知:地块内调查点位地表水样品的pH值范围为7.7~7.9,呈弱碱性。地块内地表水样品共检出7项无机物(氨氮、硫酸盐、硝酸盐(以N计)、亚硝酸盐(以N计)、氯化物、氟化物、硫化物)、1项重金属(砷)、1项半挥发性有机物(邻苯二

甲酸二(2-乙基己基)酯)和石油类等 10 项污染物,除其中地块内水处理中间体车间北侧区域地表积水 SW3 样品氨氮检测结果(1.746 mg/L)超过标准限值(1.5 mg/L)之外,其他各项检出因子的检测结果均未超出评价标准。底泥检出的各项污染物均未超标评价标准。

5. 结论与建议

5.1. 结论

为了解江苏某化学有限公司遗留地块土壤及地下水污染状况,开展了土壤、地下水等样品采集检测,结果表明,地块内土壤和底泥中污染物含量均低于 GB 36600-2018 和 DB13/T 5216-2020 中第二类用地筛选值,地块内地下水中氨氮和硫酸盐指标超过了 GB/T 14848-2017 IV 类水质标准限值,地下水不作为饮用水用途的情况下,人体健康风险可接受,地块环境质量满足后续作为二类工业用地和防护绿地开发的要求。

5.2. 建议

土地使用权人应按照 GB 36600-2018 中第二类用地开发,若后期地块土地利用规划发生变更,应根据最新的土地利用规划开展相应的土壤污染状况调查。

参考文献

- [1] 夏婷,樊大勇,等.我国水处理剂复合改性的研究进展[J].精细与专用化学品,2022,30(12): 17-20.
- [2] 刘立勇,吉庆,戚永洁.我国建设用地土壤污染状况调查的现状与建议[J].广州化工,2022,50(6): 112-114.
- [3] 王科以.基于土壤污染状况调查的污染区域识别及布点方案设计[J].中国资源综合利用,2024,42(5): 156-158.
- [4] 郑魏禅,侯玉松,王冉.某废弃砖瓦厂地块土壤污染状况调查及评价[J].地下水,2023,45(3): 254-256.
- [5] 郑玉虎,王梦良,余期冲,等.典型废旧铅酸电池回收暂存单位遗留地块土壤污染状况调查[J].广东化工,2022,49(8): 173-176.
- [6] 田动会,滕珊.华东某人造板工业场地土壤与地下水污染状况调查研究[J].广东化工,2024,51(20): 131-133.
- [7] 向鸿燕,马晓阳.典型印染企业土壤污染状况初步调查研究[J].绿色科技,2024,26(16): 170-174.
- [8] 廖佳.便携式 XRF 在地块土壤污染状况调查中的应用[J].皮革制作与环保科技,2023,4(9): 195-197.
- [9] 张秋劲,王英英,张凌云.建设用地土壤污染状况调查全程序质量控制研究——以某重点行业企业地块为例[J].四川环境,2023,42(6): 136-141.
- [10] 李和昕,张哲.工业场地土壤污染状况初步调查分析[J].山西化工,2024,44(9): 234-237.