华东地区某化工企业土壤污染隐患排查案例分析

贾丽君
埃欧孚（上海）检测技术有限公司，中国·上海 201108

摘　要: 本研究以华东地区某典型化工企业为研究对象，系统性开展土壤污染隐患精细化识别与地下水环境动态监测。通过整合生产工艺全流程解析、场地空间异质性评估及历史环境数据追溯，精准定位高风险污染源区（如危废暂存间、储罐区）及污染物迁移路径；基于高密度监测网络构建与多源数据融合分析，揭示砷、钴等特征污染物在土壤 - 地下水系统中的空间分布规律与迁移通量特征。研究成果可为化工行业污染风险动态管控提供理论支撑，助力污染物溯源管理、环境风险全周期防控及区域生态安全格局优化，并为同类企业土壤污染隐患排查体系构建提供实践参考。
关键词： 化工企业；土壤和地下水；土壤污染隐患排查

Case Analysis of Soil Pollution Hazard Investigation in a Chemical Enterprise in East China

Lijun Jia
EOF (Shanghai) Testing Technology Co., Ltd., Shanghai, 201108, China

Abstract: This study takes a typical chemical enterprise in East China as the research object, and systematically carries out fine identification of soil pollution hazards and dynamic monitoring of groundwater environment. By integrating the analysis of the entire production process, assessing site spatial heterogeneity, and tracing historical environmental data, we can accurately locate high-risk pollution source areas (such as hazardous waste storage rooms and tank areas) and pollutant migration paths; Based on high-density monitoring network construction and multi-source data fusion analysis, reveal the spatial distribution and migration flux characteristics of characteristic pollutants such as arsenic and cobalt in the soil groundwater system. The research results can provide theoretical support for the dynamic control of pollution risks in the chemical industry, assist in the traceability management of pollutants, the full cycle prevention and control of environmental risks, and the optimization of regional ecological security patterns, and provide practical references for the construction of soil pollution hazard investigation systems for similar enterprises.
Keywords: chemical enterprises; soil and groundwater; investigation of hidden dangers of soil pollution

0 前言

为响应“双碳”战略及乡村振兴政策，土壤污染防治成为环境管理重点任务 [1]。土壤污染重点监管单位是土壤和地下水环境保护的责任主体，开展土壤污染隐患排查是企业的法定义务，旨在防范企业用地新增土壤污染 [2]。根据《土壤污染防治法》及相关法规，重点监管单位需定期开展污染隐患排查，识别潜在风险并采取防控措施，企业需结合生产特性建立动态化、周期性的土壤与地下水污染风险排查机制，通过及时发现隐患并整改，抑制污染物迁移对周边环境的次生影响 [3]，因此隐患排查工作的实施有助于企业识别潜在风险，可以及时发现土壤污染隐患或者土壤污染，及时采取措施消除隐患，提高风险管控，抑制污染物迁移对周边环境的次生危害，降低后期土壤和地下水修复的成本 [4]。

1 企业基本情况

本研究选取华东地区土壤污染重点监管单位名录中的一家化工企业，所属行业为初级形态塑料及合成树脂制造（C2651），主要从事高性能树脂的生产，企业厂区总面积约 1.5 万平方米，年生产能力达 3 万吨，主要产品包括乙烯基酯树脂、固态环氧树脂及功能性助剂等。厂区设有办公区、生产辅助用房及生产用房、原料仓库、乙类仓库、储罐区、危废暂存间等构筑物。企业生产工序包括：乙烯基酯树脂生产、固态环氧树脂生产、胶黏剂生产、助剂生产、低收缩剂生产以及环氧树脂胶黏剂。

企业所处地块的第①层为填土层，主要由灰黄色、松散、主要由灰黄色黏性土夹植物根茎与贝壳碎屑等组成，土性松散不均，土壤孔隙率和渗透系数较大，污染物进入土壤环境中，较容易发生迁移。且地块周边企业较多，地块周边企业复杂，周边企业生产过程产生的废气通过干湿沉降容易迁移到本地块内，周边企业危险物料存储过程中若发生跑冒滴漏情况渗透至土壤和地下水环境中较易通过地下水迁移至本项目地块。此外，树脂生产过程中使用的有机溶剂可能通过设备泄漏进入土壤，需重点关注挥发性有机物（VOCs）的潜在释放路径。

2 隐患排查

2.1 隐患排查工作流程

为防范有毒有害物质泄漏、渗漏、溢出等导致土壤和地下水污染现象，降低污染风险，本研究通过收集资料、现场踏勘、人员访谈等方式，掌握化工企业厂区内涉及土壤和地下水污染的工业活动和设施，在此基础上开展现场排查，进一步明确土壤污染源的分布、污染类型等情况，并提出相应的整改建议。

2.2 重点排查内容

聚焦危废暂存间、储罐区等区域，核查防渗设施运行状态及管理制度执行情况。排查清单涵盖原辅材料毒性、废水处理、固废管理、运输风险等环节。

2.2.1 技术路线

采用资料收集、现场踏勘及人员访谈相结合的方式，明确污染源分布及类型，编制土壤污染隐患排查报告，形成整改建议（技术路线见图 1）。排查范围涵盖环评文件、生产设备、三废处理设施及防渗设计等，重点核查危废暂存间、储罐区等区域的防渗措施及管理规范。

2.2.2 排查范围

根据地方相关文件，对重点行业的排查范围主要从企业环评、生产工艺、生产设备、竣工环保验收、“三废”和土壤地下水自行监测、污水治理设施及地下污水管道、储罐（地上或地下）等及其主要场所防渗、防腐设计等原始资料来看，开展书面资料前面检查核实，并结合企业现场实际情况，排查厂内地块是否存在土壤污染隐患，明确企业隐患排查方向和重点场所和重点设施设备。项目组根据前期资料收集、现场勘探、人员访谈，企业的隐患排查的重点场所和重点设施设备：危废暂存间、乙类仓库（原料及成品）、储罐区、辅助用房（锅炉房、制氮车间）、丙类生产车间、乙类生产车间、事故应急池。隐患排查项目主要包括：生产区、废水排放情况、排水装置、危险废物处理、事故废水池、运输、废气排放情况等等逐一建立排查清单 [5]，根据原始资料排查出的缺陷，确定隐患重点。针对可能或易发生有毒有害物质渗漏、流失、扬散的场所和设施设备，建立原始资料发现问题清单和整改台账。

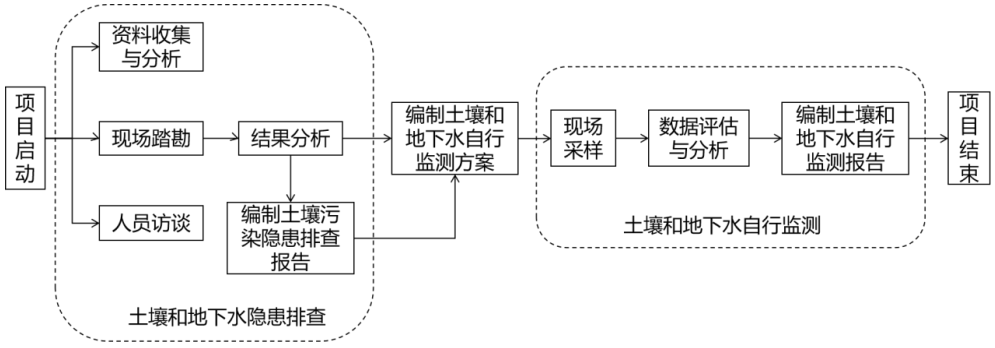

图 1 技术路线图

3 土壤和地下水自行监测

3.1 确定自行检测项目

根据《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》等相关技术规范的要求排查企业内有潜在土壤污染隐患的重点场所及重点设施设备，本项目地块共识别出 7 处疑似污染区，即重点单元：①危废暂存间、②乙类仓库（原料及成品）、③事故应急池、④储罐区、⑤辅助用房（锅炉房、制氮车间）、⑥丙类生产车间、⑦乙类生产车间。

结合 GB36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》和 GB/T14838—2017《地下水质量标准》中污染项目对厂区重点区域进行重点区域土壤和地下水点位布设，开展自行监测采样及检测工作，本次监测因子涵盖了 GB36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》中基本 45 项以及部分选测项，同时也涵盖了“自行监测技术要求”中的全因子监测要求。根据《上海市建设用地地块土壤污染调查风险评估、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），地下水监测指标包含土壤因子，另外增加 GB/T14848—2017《地下水质量标准》基本要求。

3.2 监测结果分析

在企业地块内采集土壤样品 20 个（包含 2 个土壤平行样品，平行样品不列入讨论），采集地下水样品 5 个（包含 1 个地下水平行样品，平行样品不列入本节讨论）。土壤、地下水样品检出因子分析结果汇总见表 1 和表 2。

通过上表得出，监测数据显示，土壤中重金属（如砷、钴）及石油烃类物质（C_{10}~C_{40}）的浓度范围均低于 GB36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》第二类用地筛选值，表明当前污染风险可控，地下水样品中一般常规指标、部分重金属以及（C_{10}-C_{40}）的检出浓度均低于 GB/T14848—2017《地下水质量标准》Ⅳ类限值及上海市相关补充指标文件。根据土壤和地下水分析项目的检出浓度，计算出各污染物的最大占标率，见图 2 和图 3。

表 1 土壤污染物浓度与标准限值对比分析

分析项			检出限（mg/kg）	场内监测点浓度范围（mg/kg）	（GB36600—2018）第二类用地筛选值（mg/kg）	样品检出率(%)	最大占标率（%）	对照点浓度范围（mg/kg）	与对照点比较	是否超标
pH 值	1	pH 值	无量纲	8.12~8.88	——	——	——	8.22~8.52	<	否
无机物	1	氰化物	0.04	ND	135	——	——	ND	<	否
重金属	1	汞	0.002	0.062~0.231	38	100	0.61	0.056~0.101	<	否
	2	砷	0.01	3.36~17.5	60	100	29.17	5.23~12.3	<	否
	3	铜	1	12~36	18000	100	0.20	23~26	<	否
	4	镍	3	24~47	900	100	5.22	32~35	<	否
	7	六价铬	0.5	ND	5.7	100	——	ND	<	否
	8	镉	0.01	0.08~0.18	65	100	0.28	0.12~0.15	<	否
	9	铅	0.1	15.5~30.3	800	100	3.79	21.9~26.5	<	否
	10	铍	0.03	1.26~2.23	29	100	7.69	1.72~2.14	<	否
	11	钒	0.7	21.2~48.8	752	100	6.49	36.3~39.5	<	否
	12	钴	0.03	8.58~17.9	70	100	25.57	13~15.2	<	否
	13	锑	0.3	0.1~0.69	180	100	0.38	0.26~0.33	<	否
挥发性有机物	31	ND								
半挥发性有机物	21	ND								
石油烃（C_{10}~C_{40}）	1	C_{10}~C_{40}	6	10~28	4500	100	0.62	10~18	<	否

表 2 地下水污染物浓度与标准限值对比分析

分析项			检出限（mg/L）	场内监测点浓度范围（mg/L）	GB/T14848—2017& 沪环土〔2020〕62 号	最大占标率（%）	对照点浓度（mg/L）	与对照点比较	是否超标
pH 和无机物	1	pH 值 / 无量纲	/	7.2~7.5	5.5~6.5/8.5~9.0	——	7.3	>	否
	2	氰化物	0.004	ND	0.1	——	——	——	——
	3	氯化物	0.007	3.07~38.6	350	11.029	38	>	否
	4	氟化物	0.006	0.071~0.516	2	25.8	0.498	>	否
	5	硫化物	0.003	ND	0.1	——	——	——	——
	6	碘化物	0.002	0.01~0.115	0.5	23	0.13	>	否
感官性状及化学一般指标	1	色度 / 度	5	5	25	——	5	>	否
	2	臭和味 / 无量纲	/	无	无	——	无	——	——
	3	浑浊度 /NTU	0.3	7~8.2	10	82	6.9	>	否
	4	肉眼可见物 / 无量纲	/	无	无	——	无	——	——
	5	总硬度	5	114~217	650	33.38	179	<	否
	6	溶解性总固体（全盐量）	5	106~239	2000	11.95	303	<	否
	7	硫酸盐	0.018	6.28~49.9	350	14.257	47.9	<	否
	8	挥发酚	0.0003	ND	0.01	——	ND	——	——
	9	阴离子表面活性剂	0.05	ND	0.3	——	ND	——	——
	10	高锰酸盐指数	0.5	3.6~4.3	10	43	4.2	>	否
	11	氨氮	0.025	0.147~1.35	1.5	90	1.45	>	否
	12	硝酸盐氮	0.004	0.048~0.468	30	1.56	0.498	>	否
	13	亚硝酸盐氮	0.003	ND	4.8	——	ND	>	否
重金属	1	六价铬	0.004	ND	0.1	——	ND	>	否
	2	钠	6.36E-03	3.42~38.2	400	9.55	48.7	<	否
	3	铝	1.15E-03	0.0317~0.0317	0.5	6.34	0.0216	>	否
	4	锰	1.20E-04	0.0106~0.0912	1.5	6.08	0.157	>	否
	5	铁	8.20E-04	ND	2	——	ND	>	否

续表 2

分析项			检出限（mg/L）	场内监测点浓度范围（mg/L）	GB/T14848—2017& 沪环土〔2020〕62 号	最大占标率（%）	对照点浓度（mg/L）	与对照点比较	是否超标
重金属	6	硒	4.10E-04	0.00022	0.1	2.03	ND	＞	否
	7	汞	4.00E-05	ND	0.002	——	ND	＞	否
	8	铍	4.00E-05	0.00005	0.06	0.08	0.00006	＞	否
	9	钒	8.00E-05	0.00016~0.00237	3.9	0.061	0.00202	＞	否
	11	钴	3.00E-05	ND	0.1	——	0.00011	＞	否
	12	镍	6.00E-05	0.00022	0.1	16.2	ND	＞	否
	13	铜	8.00E-05	0.00078~0.00221	1.5	1.06	0.147	＞	否
	15	砷	1.20E-04	0.00029~0.00102	0.05	2.04	0.0013	＞	否
	17	镉	5.00E-05	ND	0.01	——	ND	＞	否
	18	锑	1.50E-04	0.00027~0.00181	0.01	18.1	0.00165	＞	否
	19	铅	9.00E-05	ND	0.1	——	ND	＞	否
挥发性有机物	ND								
半挥发性有机物	ND								
石油烃（C_{10}~C_{40}）	1	C_{10}~C_{40}	0.01	0.18~0.36	1.2	30	0.18	＞	否

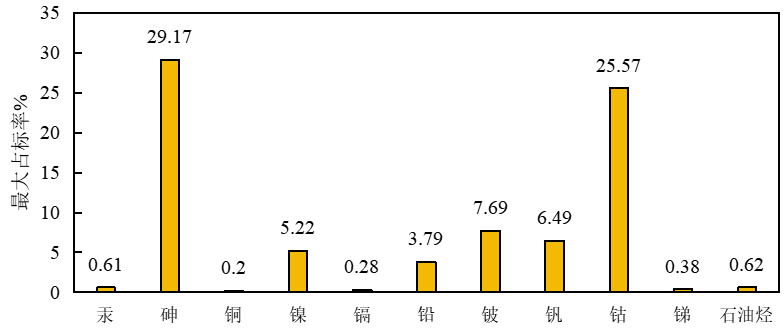

图 2 土壤分析项目最大占标率

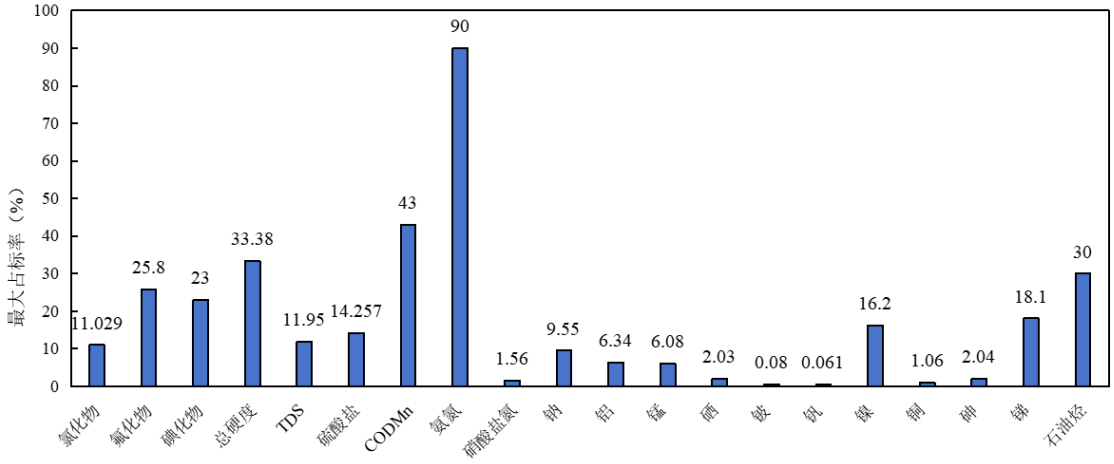

图 3 地下水分析项目最大占标率

土壤分析项目中，砷和钴的占标率较大，地下水分析项目中，总硬度、高锰酸钾指数（CODMn）、氨氮、石油烃（C_{10}~C_{40}）的占标率较大，因此对此作为进一步分析对象（见图 4）。

重金属含量是表征土壤生态环境的一个必要参数。重金属总量越高，潜在的环境危害就越大[6-7]。土壤的自行监测结果表明：砷在土壤中的浓度分布呈现空间异质性（3.36~17.5mg/kg），其检出浓度低于 GB36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）第二

类用地筛选值（60mg/kg）；土壤样品中重金属钴的检出浓度范围为 8.58~17.9mg/kg，低于 GB36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）第二类用地筛选值（70mg/kg）。砷和钴在 S2 点位（危废暂存间附近）和 S5 点位（锅炉房、制氮车间附近）浓度显著高于其他区域，可能与局部防渗措施失效有关。尽管当前浓度低于 GB36600—2018 风险筛选值，但其累积趋势需纳入长期监测计划（见图 5）。

地下水的自行监测结果表明：地下水样品中高锰酸盐指数、氨氮、石油烃、总硬度的检出浓度较高，厂区内 5 个点位均发现浓度较高的情况，结合企业生产工艺分析，生产过程中产生的高浓度有机废水可能是主要污染源，废水中含有大量难降解有机物及多种特征污染物，对地下水环境造成明显影响。

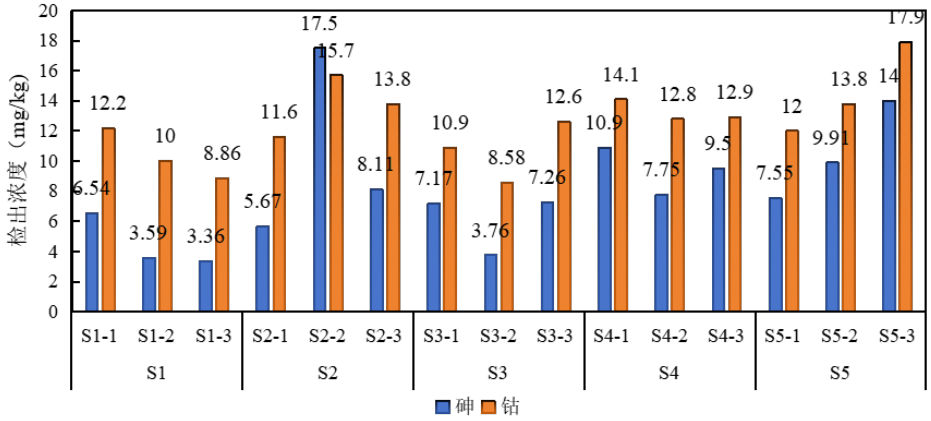

图 4 砷和钴在各土壤监测点位的检出浓度对比

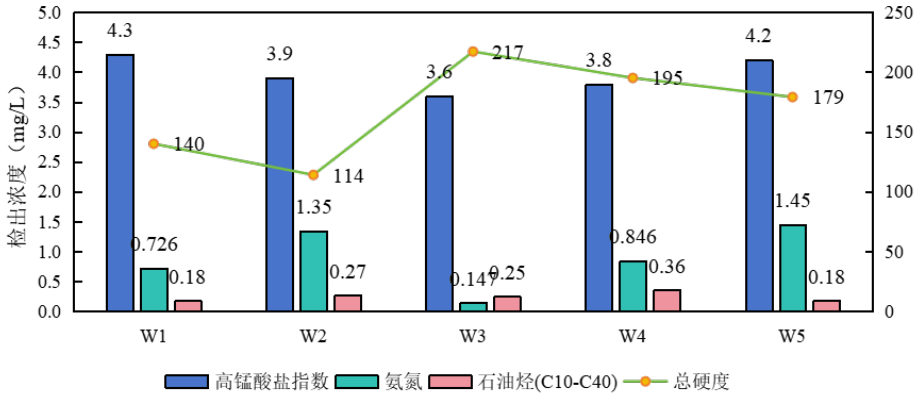

图 5 部分常规指标在各地下水监测点位的检出浓度对比

4 隐患排查结果分析

针对某华东地区一化工企业，通过资料收集、人员访谈与现场排查等方式，开展土壤污染隐患排查工作。该地块主要从事高性能树脂的生产活动。重点排查了储罐区、乙类仓库、乙类车间、装卸区、实验室、危险废物暂存间、锅炉房等场所的设施设备，得出如下结论：

①厂区作为简单防渗区整体上已有地面硬化的处理措施，有毒有害物质在这些区域活动较少，故不易发生污染土壤和地下水的事故。

②厂区内的生产车间属于一般防渗区，地面均铺设有硬化及环氧树脂涂层地面。企业的生产区域在加料、搅拌以及反应等生产过程中涉及的化学品如原辅材料、产品皆属于有毒有害物质，若发生泄漏或滴溅等事故，极易对周边环境造成污染，企业的生产车间内铺设有环氧树脂涂层地面，生产过程中使用的设备均为密闭，不易发生液态原辅材料、成品等油漆涂料的洒、漏、滴、溅。

③仓库主要用于储存原辅材料及成品 / 半成品，企业所用的原辅材料及生产的产品主要为有毒有害物质，乙类仓库以及丙类仓库内地面设有硬化、防渗漏及防腐蚀处理，并按照相关规定的方式进行贮存。若原辅材料及成品 / 半成品的包装物或转运过程中发生化学品的泄漏，若无人发现，将对该区域的土壤及地下水造成污染；仓库大门外以及仓库过道属于转运区，所有化学药剂的装车、卸货都在转运区进行，转运区的地面有硬化、防渗处理，若在运输化学品的时候不慎发生液剂化学品的泄漏，化学品顺着区域的裂缝侵入土壤，容易对土壤和地下水造成污染。转运区域设有防雨淋，防止下雨天不慎发生化学品泄漏，在来不及处理的情况下，

雨水会加速化学品的污染速度，从而污染土壤和地下水。

④危险废物暂存间主要用于存放活性炭、废包装桶、废溶剂、废树脂。内部暂存的危废使用符合标准的容器盛装危险废物，按照标准分类、分区存放。虽符合 GB 18597—2023《危险废物贮存污染控制标准》，但液体危废溢流仍可能造成局部污染，在危险废物的暂存过程中，若不慎发生液体危险废物溢流等情况，将对土壤及地下水造成污染。

5 结语

通过对比企业隐患排查与自行监测结果，重点关注土壤中持续增高的重金属（砷、钴）和石油烃（C_{10}~C_{40}）等指标，分析地下水中的氨氮和化学需氧量等检出浓度较高的污染因子。针对检出值持续升高或异常升高的点位，结合企业生产工艺和产污环节，提出下一阶段土壤污染隐患排查重点。建议企业优化隐患排查制度，重点关注砷、钴等重金属及石油烃的累积趋势，强化危废暂存间、生产车间等关键区域的防渗设施维护，并建立动态监测与应急响应机制，以实现污染风险的全周期管控。建立土壤污染隐患排查制度，加强对危废暂存间、生产车间、储罐区等重点场所地面防渗层的维护，保证企业负责人员定期安排巡检，排查并整改巡检过程中发现的隐患问题，及时改进，以进一步提升土壤和地下水污染预防能力。

参考文献：

[1] 刘茂震.土壤污染与生态环境保护现状及防治策略分析[J].环境污染与治理,2024,5(15):130-131.

[2] 刘小彬.某垃圾焚烧厂土壤自行监测与污染隐患排查分析[J].广东化工,2021,48(7):137-139.

[3] 中华人民共和国土壤污染防治法[Z].十三届全国人大常委会第五次会议,2018-08-31.

[4] 鞠伟.土壤环境安全及污染防治措施研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(15):94-98.

[5] 糜仁,王园.某化工企业土壤隐患排查及整改措施[J].石化技术,2021,28(1):80-81.

[6] 古一帆,何明,李进玲,等.上海奉贤区土壤理化性质与重金属含量的关系[J].上海交通大学学报(农业科学版),2009,27(6):601-605+623.

[7] 林啸,刘敏,侯立军,等.上海城市土壤和地表灰尘重金属污染现状及评价[J].中国环境科学,2007,27(5):613-618.