

上海市奉贤区典型化工园区地下水环境状况调查现状与成因分析

苏 静

上海市奉贤区环境监测站, 上海

收稿日期: 2024年2月21日; 录用日期: 2024年3月10日; 发布日期: 2024年4月7日

摘 要

奉贤区位于上海南郊, 是上海重要的工业化区县之一。大规模的工业化、城镇化发展使生态环境的保护压力也日益增加。随着园区内入驻企业增多, 生产经营时间增加, 区域地下水环境污染问题日益显现。本文主要通过对奉贤区4个涉化工类和金属制品类行业工业园区地下水环境状况的调查结果分析, 及时掌握园区地下水环境状况及污染情况, 并进一步思考原因, 从而因地制宜提出有效的防范管理措施, 推动建立工业园区地下水环境监测网。

关键词

上海市奉贤区, 地下水环境, 化工园区

Investigation Status and Cause Analysis of Groundwater Environment in Typical Chemical Industrial Parks in Fengxian District, Shanghai

Jing Su

Shanghai Fengxian District Environmental Monitoring Station, Shanghai

Received: Feb. 21st, 2024; accepted: Mar. 10th, 2024; published: Apr. 7th, 2024

Abstract

Fengxian District is located in the southern suburbs of Shanghai and is one of the important indu-

strialized cities in Shanghai. The large-scale industrialization and urbanization development have also increased the pressure on ecological environment protection. With the increase of enterprises settled in the industrial park and the increase of production and operation time, the problem of groundwater environmental pollution in the area is becoming increasingly apparent. This article mainly analyzes the investigation results of the groundwater environment in four industrial parks related to chemical and metal products industries in Fengxian District, timely grasps the groundwater environment and pollution situation in the parks, and further considers the reasons, so as to propose effective prevention and management measures tailored to local conditions and promote the establishment of an industrial park groundwater environment monitoring network.

Keywords

Fengxian, Shanghai, Groundwater Environment, Chemical Industrial Park

Copyright © 2024 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

我国涉化工类和金属制品类行业工业园区经过多年发展,在取得巨大经济效益的同时,对生态环境的保护压力也日益增加。随着园区入驻企业增多,生产经营时间增加,区域地下水环境污染问题日益显现。因此,在园区发展过程中,为有效防范地下水污染,及时掌握奉贤区园区地下水环境状况,判断园区内企业对区域地下水是否存在污染情况,从而因地制宜提出有效的防范管理措施,现阶段急需较全面准确地了解涉化工类和金属制品类行业工业园区区域地下水环境状况。根据近两年奉贤区对32家企业地下水自行监测结果显示,地下水样品监测值均符合《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)中V类的标准。

2. 概述

2.1. 奉贤区土壤和地下水环境概述

奉贤区结合土壤及地下水污染防治“十四五”规划各项重点任务稳步推进[1]。近年来,受污染耕地安全利用率和重点建设用地安全利用率均达到100%,地下水环境质量保持良好。同时,坚守土壤安全利用底线,打好农业农村污染治理攻坚战,不断强化地下水污染防治工作,开展化工园区地下水环境状况调查评估及地下水监测井排摸监管等工作。逐渐意识到地下水水资源的重要性,保障和实现人民群众住得安心、吃得放心。

2.2. 监测体系与评价标准

调查遵循有限目标、突出重点,系统谋划、分布实施,统筹部署、综合协调等原则,统筹考虑园区周边区域水文地质条件、人类活动影响和园区内企业影响等因素,以浅层地下水环境状况调查为主[2],有效排摸地下水环境质量状况,相关要求明确如下:

(一) 调查对象及范围

根据生态环境部文件《化工园区地下水环境状况调查评估技术方案》和上海市生态环境局《上海市地下水污染防治实施方案》(沪环规〔2021〕5号)的要求,奉贤区选定了4个涉化工类和金属制品类工业园区作为评估对象及其周边1 km范围的区域。

(二) 监测因子和频次

地下水监测指标参照“35+N”的原则确定。“35”指：GB/T 14848 的 39 项常规指标扣除微生物指标和放射性指标。“N”指：特征污染指标；土壤监测指标原则上应包括地下水特征污染指标，根据实际情况增加土壤监测指标。采样频次新建监测井点位开展土壤监测采样 1 次。地下水监测采样至少 1 次。

(三) 评价方法

以《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)沪环土〔2020〕62 号文相关附件为评价标准[3]。评价方法采用 GB/T 14848-2017 中的单项组分评价方法。根据《上海市涉化工类和金属制品类工业园区地下水环境状况调查评估技术方案》(上海市生态环境局, 2022)、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(生态环境部公告 2017 年第 72 号)、《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1-2019)、《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)、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)及《建设用地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2019)等的相关规定进行调查评估。并对照表 1 明确园区分级类型和关注污染物。

Table 1. Survey park grading comparison table

表 1. 调查园区分级对照表

类型	超标情况	管控措施
一级	地下水(超标点位)污染羽超过调查园区红线范围且污染周边灌溉水源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应展开应急处置,及时阻断污染源和暴露途径,实施风险管控和修复工程 2. 排查污染源,查明污染原因,采取措施防治新增污染 3. 改善地下水环境质量,保障饮水(如有)等安全 4. 在园区边界前沿布设地下水监测点,开展长期监测
二级	地下水(超标点位)污染羽超过调查园区红线范围但未污染周边灌溉水源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应展开应急处置,及时阻断污染源和暴露途径,实施风险管控和修复工程 2. 排查污染源,查明污染原因,采取措施防治新增污染 3. 在园区边界布设地下水监测点,开展长期监测
三级	地下水(超标点位)污染羽超过企业红线范围且未超过调查园区红线范围	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应阻断污染源和暴露途径,开展风险管控,阻止地下水污染扩散 2. 排查污染源,查明污染原因,采取措施防止新增污染 3. 在企业边界和企业外布设地下水监测点,开展地下水长期监测
四级	地下水(超标点位)污染羽未超过企业红线范围	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排查污染源,查明污染原因,采取措施防止新增污染 2. 在企业边界布设地下水监测点,开展风险管控,阻止地下水污染扩散
五级	地下水特征指标均不超标	按要求开展地下水长期监测

3. 监测结果与评价

3.1. 总体评价

检测结果显示,本区 4 个涉化工类和金属制品类工业园区土壤和地下水环境状况质量如下:地下水样品特征指标检出值低于《地下水质量标准》(GBT14848-2017) IV 类水质标准和《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 号附件 5)的第二类用地筛选值;土壤样品特征指标检出值低于《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)第二类用地筛选值。基础指标中有氨氮、钠、氯化物、总硬度、溶解性总固体和碘化物等常规因子检测值超过《地下水质量标准》(GB 14848-2017) IV 类标准限值。如表 2, 4 个园区分级均为五级,后期应按要求开展地下水长期监测。

Table 2. Groundwater environmental quality status of chemical and metal products industrial parks in Fengxian District
表 2. 奉贤区涉化工类和金属制品类工业园区地下水环境质量状况

园区名称	特征污染指标超标因子	常规指标超标因子	分级类型
园区 1	无	溶解性总固体、总硬度	五级
园区 2	无	碘化物、氨氮、挥发酚、总硬度	五级
园区 3	无	氨氮、钠、氯化物、总硬度、溶解性总固体、碘化物	五级
园区 4	无	标浊度、总硬度(CaCO ₃ 计)、氯化物、氨氮、碘化物	五级

3.2. 典型园区调查结果分析

3.2.1. 园区概况及布点

选择某典型化工园区(园区 1)开展调查结果具体分析。该园区用地面积约 2864 公顷, 园区主导产业导向仍以先进制造业为主, 生产性服务业为辅。根据开发区内各园区提供资料显示, 实际生产类企业共约 500 家, 涉化工类和金属制品类企业 125 家。结合识别出的 53 家重点企业地下水下游布点, 根据对重点企业周边的采样实施条件分析, 以及对重点企业潜在污染源及环境关注区域的分析, 最终确定布设内部监测点 32 个、污染扩散点 14 个、上游对照点 1 个、周边敏感点 1 个[4]。

3.2.2. 园区 1 地下水监测结果

从园区内 40 口地下水监测井中, 各采集 1 个地下水样品送实验室进行分析检测。**特征指标评估:** 此次综合开发区地下水调查中, 特征指标检出 10 种重金属和石油烃(C₁₀-C₄₀), 其检出情况见表 3。**常规指标评估:** 一般化学指标中, 溶解性总固体(2210 ml/L)、总硬度(1340 ml/L)两项因子检测值超过《地下水质量标准》(GB 14848-2017) IV 类标准限值, 最大超标倍数依次为: 0.11 倍和 1.06 倍。其余指标包括金属铁、锰、铜、锌、铝、钠, 常规检测项氯化物、硫酸盐、挥发酚等均有检出, 但未超过 IV 类标准限值; 毒理学指标中, 碘化物(0.86 ml/L)一项因子检测值超过《地下水质量标准》(GB 14848-2017) IV 类标准限值, 最大超标倍数为 0.72 倍, 其他指标均未超过 IV 类标准限值。详见表 4。

Table 3. Summary of detection results of groundwater characteristic indicators in Park 1

表 3. 园区 1 地下水特征指标检出项检测结果汇总表

污染因子	检出率(%)	检出浓度(μg/L)			标准限值(μg/L)	超标情况
		监测点	对照点	敏感点		
铜	100	0.1~17.8	1.92	1.16	1500	否
镍	100	0.25~25.8	0.94	1.1	100	否
铅	36.4	0.1~48.3	0.73	ND	100	否
镉	27.3	0.05~0.44	ND	ND	10	否
铈	100	0.29~2.43	1.37	1.55	10	否
钒	100	0.19~50.4	1.9	0.78	3900 ^{*1}	否
钴	100	0.03~18.3	0.4	0.94	100	否
砷	100	0.3~9.46	1.2	8.3	50	否
石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	81.8	10~360	190	90	1200 ^{*1}	否
锡 ^{*2} (FX-ZK-27)	0	ND	/	/	5 × 10 ⁵	否

备注: ^{*1} 标准限值参照《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 号附件 5)中第二类用地筛选值; ^{*2} 锡参考《美国环保署通用筛选值》基于地下水保护标准值; ND 表示未检出。

Table 4. Summary of groundwater detection results in Park 1
表 4. 园区 1 地下水检出检测结果汇总表

检测指标(单位: mg/L)	检测范围	超标情况
pH	7~8.6	/
氨氮	0.03~1.34	否
阴离子表面活性剂	0.05~0.24	否
挥发酚	0.001~0.0019	否
碘化物	0.09~0.86	是
高锰酸盐指数	1~5.2	否
氰化物	ND	否
溶解性总固体	349~2210	是
亚硝酸盐氮	0.006~0.3	否
总硬度	153~1340	是
铬(六价)	ND	否
硫化物	ND	否
锌	0.005~0.006	否
铁	0.03~0.72	否
锰	0.013~0.928	否
铝	0.091~0.342	否
钠	21~270	否
汞	0.00009~0.000135	否
氟化物	0.129~1.12	否
氯化物	9.4~293	否
硝酸盐氮	0.14~15	否
硫酸盐	5.7~186	否
铜	0.00001~0.0178	否
镍	0.00028~0.0258	否
铍	0.0005	否
钴	0.00003~0.0183	否
钒	0.0002~0.0504	否
砷	0.00058~0.00946	否
镉	0.00005~0.0004	否
铅	0.00012~0.0483	否
镭	0.00034~0.00243	否
硒	0.00055~0.0038	否
总石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	0.08~0.36	否
VOCs	ND	否
SVOCs	ND	否

3.2.3. 园区 1 地下水质量评价

监测结果表明,该园区地下水环境状况整体较好,但部分指标(如氨氮、锰、氯化物、硫酸盐等)监测数据数值较高,接近但未超出《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) IV 类水标准,碘化物、溶解性总固体和总硬度三项因子检测值超过《地下水质量标准》(GB 14848-2017) IV 类标准限值,最大超标倍数依次为: 0.72 倍、0.11 倍和 1.06 倍,这与上海市区域地下水环境背景相关。除此之外,园区特征污染物因子的整体监测情况与涉化工和金属类企业的生产活动未表现出明显的关联性。根据监测数据评价结果来看,园区地下水环境状况未存在污染迹象。

根据技术方案中附录 H-调查园区分级对照表,上海市工业综合开发区地下水调查评估中,地下水特征指标均不超标,属于五级,应按要求开展地下水长期监测。

4. 污染成因分析

4.1. 区域地质及地下水环境背景

上海位于长江口南岸,属于长江三角洲地下水系统,与江苏、浙江等邻省有着密切的水力联系。境内主要分布松散岩类孔隙水,小范围地区分布着碳酸盐岩类岩溶裂隙水。潜水含水层岩性结构类型较复杂,一般概括成 2 种结构类型:一种以单一粘性土为介质,基本无成层砂层分布,主要分布于西南部和东南部,分布面积相对较大,地层渗透性和富水性较弱;另一种为二元结构,上部是黏性土,下部为砂性土,有一定厚度的砂层分布,主要分布于苏州河以北、河口砂岛及滨海地带。按照补给和排泄特征分析,上海潜水属于大气降水-蒸发型地下水。潜水埋深相对较浅,深度为 0.5~1.5 m,局部达到 1.5~2.0 m,潜水易受人类活动影响且随气象环境发生周期性变化,潜水化学类型呈现由西北向东南变咸的趋势。

奉贤区地处上海市南部,受杭州湾海水影响,区域潜水含水层地下水矿化度为 1.0~1.5 g/L 的微咸水,水化学类型为氯·重碳酸根离子型水和钙·钠离子型水。此外,调查地块位于平原感潮河网地区易受咸潮入侵、水位波动、地表入渗和交换等影响而导致的水质波动情况。

2012 年以来按照《全国地下水污染防治规划(2011~2020 年)》总体工作部署,上海市生态环境局针对 6 大类重点污染源 150 余口浅层地下水环境监测井,包括工业园区、垃圾填埋场、危废处置场、加油站、畜禽养殖场和高尔夫球场等,开展了浅层地下水环境基础状况调查评价工作。调查结果显示,各类重点污染源地块,浅层地下水环境总体以无机指标超 IV 类标准为主,主要超标因子为溶解性总固体、铁、锰、氨氮等。通过历史地下水水质监测、地下水基础环境状况重点污染源调查评估等分析可知超标指标主要以总硬度、溶解性总固体、铁、氨氮、碘化物和砷等为主,与地理位置、成陆母质和沉积环境密切相关。其次,通过对比 2020~2021 年 43 个国考点的监测结果,V 类水指标同样以总硬度、溶解性总固体、铁、氨氮、碘化物和砷为主。

总体而言,沿海区域受沉积环境和成陆时间等因素的显著控制,导致地下水环境中氯化物、溶解性总固体、总硬度、锰等指标普遍偏高。个别指标(如氨氮、浊度等)则受到一定程度的人类活动影响,同样普遍表现出总体偏高的趋势。综上,判断奉贤区 4 个园区的几项常规因子超标与地理位置、水力交换、滨海河口沉积环境密切相关。

4.2. 企业产排污因素

本次调查评估重点即为涉化工类和金属类企业。对化工类企业和金属类企业原辅材料及生产工序、排污设施流程分析,并确定相关污染物指标对综合开发区区域内地下水环境及周边 1 km 敏感范围内地下水的影响。园区内土壤和地下水系统的可能污染源,主要来源于两类生产型企业厂区范围生产过程中涉及到的原料、辅料、产品、副产物等相关污染物,由于跑、冒、滴、漏等原因可能会进入土壤,进而渗透入地下水环境[5]。

但本次调查评估中地下水常规指标中超过《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)中的 IV 类标准限值的因子主要为溶解性总固体、总硬度、氨氮、碘化物等。根据各园区内重点企业相关介绍显示重点企业生产过程中基本不涉及上述物质,且园区内重点企业特征污染物在本项目土壤与地下水样品中均未发现超标情况,因此上述指标的超标情况与地块内企业关联性不大。

5. 结论与建议

5.1. 主要结论

本次调查评估奉贤区 4 个涉化工类和金属制品类工业园区未发现园区内地下水特征指标存在超标情况。对照《涉化工类和金属制品类行业工业园区地下水环境状况调查评估技术方案》附录 H “调查园区分级对照表”，当调查园区地下水特征指标均不超标时，园区分级为五级。因此，奉贤区的 4 个典型园区属于五级。

所有土壤样品相关监测因子检测结果均低于《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)中第二类用地筛选值。除个别常规因子外，本次采集的地下水样品其余相关监测因子检测结果均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) IV 类标准及其它标准限值要求。所有地下水样品监测指标中，有总硬度、碘化物、溶解性总固体和氨氮等指标超标。

通过对比 2020~2021 年 43 个国考点的监测结果、调查区域水化学类型、调查数据相关性分析，超标主要与滨海河口沉积环境密切相关，挥发酚的超标可排除受园区企业的影响，不排除其他人为源的污染。

5.2. 主要建议

1、奉贤区 4 个涉化工类和金属制品类工业园区根据《涉化工类和金属制品类行业工业园区地下水环境状况调查评估技术方案》，后期应按要求开展地下水长期监测，建议每年至少开展一次。

2、在保持企业持续生产和用地类型变化过程中，加强对区内各企业和地块的管理和环境保护，避免因生产活动或其他因素对综合开发区内土壤和地下水环境产生污染。

3、后续园区管理过程中，应做好源头控制、分区防渗、加强地下水长期监测工作，防止地下水发生污染。若地下水监测过程中出现异常，应及时采取积极有效的应急措施。建设园区环境风险防控体系，优化园区环境监管机制，不断完善各类突发环境事件风险应急预案。

6. 结语

地下水水资源在促进地区经济建设与发展方面发挥着重要作用，近年来，上海市高度重视土壤和地下水污染防治工作，开始加强地下水污染调查、评估以及修复工作，从而提升了地下水资源污染防治能力。但与此同时，由于本市土地基底复杂，地下水埋藏较浅，又曾经承载众多大型工业企业，水土复合污染较为常见，实现土壤和地下水环境质量稳中向好的目标任务依然艰巨。相信在不久的将来，在各方的共同努力和作用下，地下水污染现状将会得到明显的改善，地下水环境也会变得更加清洁卫生。

参考文献

- [1] 上海市奉贤区统计局, 国家统计局奉贤调查队. 上海市奉贤区统计年鉴(2023) [EB/OL]. <https://www.fengxian.gov.cn/tjj/tjsj/tjnj/20231106/56349.html>, 2023-11-06.
- [2] 刘丹青, 汤琳, 吴阿娜. 上海市浅层地下水在线监测技术要点[J]. 中国环境监测, 2022, 6(38): 196-203.
- [3] 国家环境保护部. GB/T 14848-2017 地下水质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [4] 张磊, 展漫军, 杭静, 王勇. 典型化工园区地下水环境调查及评价[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(18): 87-89.
- [5] 赵倩, 李广贺, 张芳, 王文峰, 李书鹏, 赵勇胜, 陈坚, 朱岗辉, 曹红英, 杨杰, 刘波. 《石油化工企业场地地下水污染防治技术指南》解读[J]. 中国环保产业, 2022(12): 54-59.