

土壤污染对地下水污染及防治方案——以广东海珠区为例

何海华

中环（广东）环境技术有限公司 广东广州

【摘要】土壤作为污染物的积累和迁移通道，当其受到污染时，污染物会通过淋滤、迁移和渗透等途径进入地下水，导致地下水的水质恶化。作者通过广东海珠区某地块土壤及地下水污染情况的检测及防治实务，分享了一些根据实际情况采取有效的措施防治土壤污染和地下水污染的经验。

【关键词】土壤污染；地下水污染；防治方案

【收稿日期】2024 年 8 月 20 日

【出刊日期】2024 年 9 月 27 日

【DOI】10.12208/j.aes.20240020

Soil pollution on groundwater pollution and prevention and control measures: a case study of Haizhu District, Guangdong Province

Haihua He

Zhonghuan (Guangdong) Environmental Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong

【Abstract】Soil serves as a pathway for the accumulation and migration of pollutants. When it is contaminated, pollutants can enter groundwater through leaching, migration, and infiltration, leading to the deterioration of groundwater quality. The author shared some experience in taking effective measures to prevent and control soil and groundwater pollution based on the actual situation through the detection and prevention of soil and groundwater pollution in a certain plot of land in Haizhu District, Guangdong Province.

【Keywords】Soil pollution; Groundwater pollution; Prevention and control plan

引言

土壤污染与地下水污染之间存在密切的关系，土壤中的污染物一般包括重金属、有机污染物、细菌病毒等。尽管土壤自身具有一定的积累和净化污染物的能力，在正常情况下可以减缓污染物的迁移速率，然而一旦土壤中的污染物浓度或其自身物理、化学性质发生变化，致使对地下水的保护作用减弱，就会增大土壤污染物进入地下水的风险。因此，在处理不同环境与条件下的土壤污染及地下水污染案例时，应根据污染场地的实际情况进行综合考虑，确保修复效果达到最佳。

1 土壤污染与地下水污染之间的关系

1.1 土壤污染与地下水污染之间的直接关系

当土壤中的污染物积累到一定程度，超过土壤的自净能力时，土壤中的污染物就会通过多种途径侵入地下水，进而成为地下水污染的潜在来源，其

主要途径有三：①淋滤作用。在降水或灌溉过程中，水分携带土壤中的污染物下渗，经过土壤的过滤作用进入地下水含水层。②迁移作用。土壤中的污染物在风力、水力等自然力的作用下发生迁移，部分污染物可能直接或通过其他介质间接渗入地下水。③渗透作用。受污染的废水、废液等经地表裂缝、井管等通道直接渗透进入地下水。由此可见，土壤污染对地下水的影响是显著的，一旦土壤受到污染，其中的污染物就可能通过上述多种途径进入地下水，导致地下水的水质恶化。

1.2 防治土壤污染对防治地下水污染的重要意义

土壤污染防治对于地下水污染防控具有重要影响，土壤污染物对地下水的污染程度取决于污染物的种类、浓度以及土壤和地下水的物理、化学性质，由于地下水污染具有过程缓慢、不易发现和难以治理的特点，一旦地下水受到污染，即使彻底消除其

作者简介：何海华（1994-）男，汉族，广东鹤山，本科，中级，研究方向：生态环境管理与咨询。

污染源，也需要很长时间才能使水质复原。

2 土壤污染对地下水污染的主要来源

2.1 工业污染

工业活动对土壤及地下水的污染影响极为显著且深远，工业生产过程中排放的废水、废气、废渣等包含诸多污染物，其中重金属（如铅、镉、铬等）、有机污染物（如苯、酚、多氯联苯、氨氮等）等，若未经有效处理直接排放到环境中，在土壤中累积将会破坏土壤的结构和功能，甚至可能导致土壤丧失生产能力，对农业生产和生态环境造成严重影响。这些物质在雨水冲刷和渗透作用下，极有可能进入地下水系统，从而造成地下水质量的污染。不仅如此，工业企业在生产过程中排放的废气，其中含有的有毒气体和颗粒物进入大气后，经降水方式渗入地下水层，也会对地下水质量产生影响。

2.2 农牧业污染

农牧业活动对土壤及地下水的影响同样显著，在农业生产中，农药化肥、畜禽粪便、饲料残渣中含有大量的有机物、病原体和重金属等有害物质，会渗入土壤导致土壤污染。如果处理不当，有害物质会进一步渗入地下水，对地下水造成污染。此外，过度放牧和农业灌溉等活动会致使地下水位下降，有利于污染物的积聚和扩散，从而进一步加重地下水的污染状况。

2.3 生活污染

生活垃圾中往往含有大量重金属、有机污染物、危险废弃物等有害物质，若未经有效分类收集与处理，直接进行填埋，将会对土壤造成污染。例如垃圾填埋场的淋滤液不但会渗入土壤，破坏土壤结构，而且其中的有害物质一部分会溶解在水中进入地下水系统，进一步污染水体。除此之外，生活污水中的氮、磷等营养物质过剩，未经处理或处理不符合标准直接排放到环境中，会残留在土壤中导致土壤富营养化，破坏土壤生态平衡，并通过渗透作用降低地下水品质。

3 广州市海珠区某地块土壤污染对地下水污染的防治措施

3.1 广州市海珠区某地块基本情况

广州市海珠区某地块占地面积为 4545.62m²，2021 年前为闲置的建设用地（未来用地性质拟规划为中小学用地），该地历史上曾从事过化学品仓储和

汽车维修用地，其主要沿革如下：①原料和化学品仓储时期。该时期自 1983 年起历时 14 年，其间涉及化学品（纯碱、铬酸酐、磷酸三钠、亚硝酸钠、硫酸镍、硫酸铜及氰化钠）的物流仓储活动，也兼作车辆停放之用，但不涉及其他工业生产行为。②汽车维修时期。这一时期自 1997 年起历时 7 年，地块西部和中部曾修建过简易修车棚，以汽修活动为主，但经营范围不涉及对土壤结构影响较大的喷漆作业。③物流仓储及停车场时期。这一时期自 2014 年起，截止到 2022 年，其间以停车场为主，较少涉及物流仓储。现按照《中华人民共和国土壤污染防治法》中“用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查的地块”之规定，对该地块开展土壤污染状况调查并提出防治方案。

3.2 广州市海珠区某地块土壤及地下水污染物调查

广州市海珠区某地块初步采样调查在地块内共布设土壤采样点位 8 个，采样深度 0~8m，共采集土壤样品 42 个；布设地下水监测井 4 口，采集了 4 个地下水样品，检测指标涵盖了《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(GB36600-2018)》中的基本项目以及其他特征污染物总铬、氰化物和石油烃（C₁₀-C₄₀）。

采样分析检测后可见，广州市海珠区某地块东北部采样点土壤样品表层、第二层中镍含量分别为 467、551mg/kg，分别超过筛选值（150mg/kg）的 2 倍以上。该采样点位于原化工仓内，历史上曾用作储存硫酸镍的堆场，存储过程中的撒漏可能是造成该处镍污染的原因。

采样分析检测后可见，广州市海珠区某地块中部地区采样地点有机污染物超标，污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀），所在深度 1.1m，该区域曾作为汽车维修区域，汽车修理过程机油或油类的泄漏可能为该处污染的主要原因。

各监测点位地下水样品的检测结果显示，地下水样品 pH 值范围为 7.0~7.7，总体呈中性。4 个被检出的指标中 2 个地下水样品出现石油烃（C₁₀-C₄₀）超筛选值现象，污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀），最大超筛倍数为 1.87，所在区域位于地块西部及西南部，可能是历史上汽车修理过程中石油烃类泄露渗透进土壤所致。

表 1 广州市海珠区某地块土壤重金属污染物检测统计表

序号	监测项目	样品数量	最小值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)	平均值 (mg/kg)	样品检出率 (%)	超筛选值样品量 (个)	超筛选值比率 (%)	最大超筛选值倍数	风险筛选值 (mg/kg)
1	镉	40	ND	1.31	0.31	97.5	0	/	/	20
2	汞	40	0.009	1.43	0.27	100	0	/	/	8
3	砷	40	0.95	28.9	3.50	100	0	/	/	60
4	铅	40	9.7	291.0	66.89	100	0	/	/	400
5	总铬	40	25.0	147.0	63.1	100	0	/	/	75100
6	六价铬	40	ND	ND	ND	0	0	/	/	350
7	镍	40	8	551	58.7	100	2	5	2.67	150
8	铜	40	1	146	12	100	0	/	/	2000

表 2 广州市海珠区某地块土壤有机污染物检测统计表

序号	监测项目	单位	样品数量	最小值	最大值	平均值	样品检出率 (%)	超筛选值样品量 (个)	超筛选值比率 (%)	最大超筛选值倍数	风险筛选值
1	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	mg/kg	40	ND	1040	44.75	47.50		2.5	0.26	826
2	氧仿	μg/kg	40	ND	2.50	0.12	5.00	0	/	/	300
3	二氯甲烷	μg/kg	40	ND	2.00	0.21	12.50	0	/	/	94000
4	四氧乙烯	μg/kg	40	ND	1.80	0.12	10.00	0	/	/	11000
5	苯	μg/kg	40	ND	3.50	0.09	2.50	0	/	/	1000
6	甲苯	μg/kg	40	ND	5.30	0.66	22.5	0	/	/	1200000
7	间二甲苯+对二甲苯	μg/kg	40	ND	1.60	0.08	5.00	0	/	/	163000
8	苯胺	mg/kg	40	ND	0.30	0.01	2.50	0	/	/	92
9	苯并[a]蒽	mg/kg	40	ND	0.10	0.0025	2.50	0	/	/	5.5
10	蒽	mg/kg	40	ND	0.10	0.0025	2.50	0	/	/	490
11	苯并[a]芘	mg/kg	40	ND	0.20	0.01	2.50	0	/	/	0.55
12	茚并[1,2,3-cd]芘	mg/kg	40	ND	0.10	0.0025	2.50	0	/	/	5.5

表 3 广州市海珠区某地块地下水污染物检测统计表

序号	监测项目	样品个数	最小值 (μg/L)	最大值 (μg/L)	平均值 (μg/L)	检出率 (%)	超筛个数	超筛比例 (%)	最大超筛倍数	风险筛选值 (μg/L)
1	pH (无量纲)	4	7	7.7	7.375	/	/	/	/	/
2	氰化物 (mg/L)	4	0	0	/	0	0	0	0	0.1
3	六价铬 (mg/L)	4	0	0	/	0	0	0	0	0.1
4	石油烃 (Cu-C) (mg/L)	4	0.18	1.64	0.665	100	2	50	1.87	0.572
5	汞	4	0	0	/	0	0	0	0	0.002
6	镍	4	0.8	2.86	1.415	100	0	0	0	100
7	铜	4	0.24	6.82	3.48	100	0	0	0	1500
8	砷	4	1.06	23.4	8.2	100	0	0	0	50
9	镉	4	0.06	0.11	0.085	50	0	0	0	10
10	铅	4	0.14	0.42	0.247	75	0	0	0	100

4 广州市海珠区某地块土壤污染对地下水的防治方案

4.1 广州市海珠区某地块土壤污染对地下水影响的基本情况

从广州市海珠区某地块土壤及地下水污染检测结果中可以看出, 4 个地下水样品其中 2 个存在石油烃污染, 且均集中于地块局部曾经用于经营汽车维修的主要区域, 可判断其扩散范围极小, 且污染源已经查明, 仅仅是历史上污染物料的跑、冒、滴、漏, 在当时由于防治条件所限, 对化学品处理或贮存区域没有设置防渗漏地基和围堰, 导致营业区域出现了土壤和地下水环境污染, 对地下水的影响不容忽视, 必须采取有效的防治方案来控制土壤污染, 在进行地下水修复之前, 应采取有效措施进行土壤污染控制, 防止土壤污染继续扩散, 保护地下水安全。关于东北部地区表层土壤中镍污染的问题, 鉴于其未对地下水造成污染, 通过对重金属污染土壤进行修复处理。

4.2 广州市海珠区某地块土壤污染治理措施

重金属污染土壤修复技术常用的有水泥窑协同处置、固化/稳定化修复、土壤淋洗、阻隔填埋。有机物污染土壤修复技术常用的有水泥窑协同处置、土壤淋洗、热解吸、化学氧化修复、异地集中处置等。对上述修复技术就其技术成熟度、时间经济、适用性及局限性等因素进行比较分析, 本地块重金属镍污染土壤优先选用外运水泥窑协同处置, 利用水泥窑高温的环境, 使得镍及其化合物能够得到有效的分解和固化, 重金属镍在高温下会与水泥原料中的其他成分发生化学反应, 形成稳定的矿物相, 被固定在水泥熟料晶格中, 从而大大降低了镍的浸出风险, 减少了其对环境的潜在危害。该修复技术成熟、应用广泛、处理时间短、费用低, 且适用于土方量较小、急需后期开发场地。有机物石油烃($C_{10}-C_{40}$)污染土壤采用化学氧化修复技术, 可利用氧化剂将土壤中的石油烃氧化分解为无害物质, 反应过程中需要控制氧化剂的用量、反应时间和温度等参数, 以确保氧化反应的高效进行。本项目修复土方量较小, 超标浓度较低, 采用化学氧化修复技术能较好地达到修复目标值。

4.3 广州市海珠区某地块地下水污染治理措施

针对地下水石油烃($C_{10}-C_{40}$)超标问题可以采取

多种处理方法进行修复, 主要目的旨在将受污染水体与清洁水体分隔开来, 或将污染物从地下水去除, 应根据污染场地的实际情况进行综合考虑, 确保修复效果达到最佳。在实际应用中发现, 广州海珠区某地块石油烃污染地下水地点具有水位较高、污染体量小的特点, 可以采取抽取处理法, 根据污染区域的水文地质条件设计合理的抽水井布局和抽水速率, 将抽出的地下水进行物理、化学或生物处理, 去除其中的石油烃, 地下水处理后可以水质情况选择回灌到地下以防止地面沉降, 或者达标排放。

5 结语

综上所述, 如今地下水污染已成为我国面临的重要问题, 土壤污染对地下水的影响不容忽视, 必须采取有效的防治方案来控制土壤污染, 保护地下水安全。建立健全的源头控制、监测评估、污染治理和土壤修复等多个方面体系, 政府和人民都应该给予足够的重视, 通过多方共同努力, 形成多元化土壤污染防治机制, 为建设美丽家园、创造美好生活提供良好的土壤环境保障。

参考文献

- [1] 邹娟. 关于生态修复治理技术在污染土壤中的应用分析[J]. 清洗世界, 2024, 40(02): 162-164.
- [2] 胡江威. 土壤污染治理技术与农田环境保护研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(23): 122-124.
- [3] 黄天龙, 张丹, 王鑫羽, 等. 锌冶炼企业场地及其周边土壤污染途径分析[J]. 甘肃冶金, 2022(03): 70-73.
- [4] 冯雯, 邸文瑞. 土壤污染治理中生物修复技术的运用初探[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(20): 137-138+141.
- [5] 胡传侠, 刘丹蕾, 楼小洁. 农用地土壤污染治理与修复技术分析[J]. 资源节约与环保, 2023(9): 110-113.
- [6] 胡江威. 土壤污染治理技术与农田环境保护研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(23): 122-124.
- [7] 何茂强. 土壤重金属污染治理技术研究[J]. 资源节约与环保, 2023(09): 106-109.
- [8] 宋萌萌, 张信成. 土壤污染治理中生物修复技术的应用研究[J]. 清洗世界, 2023, 39(08): 142-144.