

至 0.001035mg/m³（占标率 0.22%），非甲烷总烃降至 0.0001249mg/m³（占标率 0.01%），核心污染物对周边敏感点（如街道）的环境贡献值削减超 96%，且项目最近敏感点社区已整体搬迁，进一步降低环境风险。

表 4.1-1 改造后废气装置分步处置措施效率情况表 单位 t/a

浅色碳九装置造粒废气				
机头			机尾	
污染物	非甲烷总烃	颗粒物	污染物	颗粒物
污染物产生量 t/a	7.22	0.344	污染物产生量 t/a	0.97
电捕焦油器处理效率（%）	90	0	旋风+布袋处理效率（%）	90
处理后污染量 t/a	0.722	0.344	处理后污染量 t/a	0.097
冷凝处理效率（%）	36	0	4 级活性炭吸附处理效率（%）	10
处理后污染量 t/a	0.46208	0.344	处理后污染量 t/a	0.0873
三级干式过滤器处理效率（%）	39	-		
处理后污染量 t/a	0.2819	0.3096		
5 级活性炭吸附处理效率（%）	89	10		
处理后污染量 t/a	0.031	0.279		

表 4.2-1 改造后和现阶段碳九造粒废气变化情况一览表 单位 t/a

项目	现阶段排放量	改造后排放量	污染物新增量
非甲烷总烃	1.10	0.031	-1.069
颗粒物	0.376	0.3663	-0.0097

4.2.2 二次污染防治有效性

改造后新增固废为废活性炭（HW49 900-039-49）及电捕焦油器、冷凝器收集的废树脂（HW13 265-103-13），均按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）^[6]要求，由具备危废处置资质单位定期转运，未产生新增二次污染；且因前段治理工艺（电捕焦油器、干式过滤）预处理效果提升，活性炭饱和周期从 3 个月延长至 6 个月，固废产生强度未增加。

4.2.3 声环境影响稳定性

改造后替换的机头（12518-14913m³/h）、机尾（17172-21465m³/h）变频风机，采用低噪声电机（声压级≤85dB（A））及减震基座设计，厂界噪声实测值（昼间 62dB（A）、夜间 53dB（A））仍满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）^[7]3 类区要求，与改造前相比声环境影响无显著变化，未新增噪声污染。

5 结语

蜂窝电捕焦油器在石油树脂生产中的应用效果显著，

有效降低了废气中非甲烷总烃和颗粒物的排放浓度，达到了环保标准要求。

蜂窝电捕焦油器技术组合不仅改善了生产车间的环境质量，还提升了企业的环保水平和市场竞争力。

蜂窝电捕焦油器在石油树脂生产中的应用具有显著的环境效益和经济效益，值得在行业内广泛推广和应用。

注释

①监测结果见表 2.3-1 引用 2023 年 9 月企业例行监测报告。

②监测结果见表 2.3-2 引用 2023 年 9 月企业例行监测报告。

参考文献

[1] 张瑜.石油化工企业废气污染治理与控制技术措施浅析[J].化工管理,2018（2）:143

[2] 魏东方,翟玉铎,刘红霞.电捕焦油器在化工生产中的应用与改进[J].现代商贸工业,2014（15）:190-191

[3] 中华人民共和国生态环境部.《排污许可证申请与核发技术规范石化工业》（HJ853-2017）.2017-8-23

Influence Mechanism of Hydrogeological Condition on Groundwater Pollution Prevention and Control

Lijiong Xu¹ Gonglong Li²

1. Gansu Nuclear Geology Brigade 212, Wuwei, Gansu, 733000, China

2. Gansu Nenghua Jinchang Energy Chemical Development Co., Ltd., Jinchang, Gansu, 737100, China

Abstract

Groundwater, as a vital strategic water resource, faces increasingly severe pollution challenges, where hydrogeological conditions play a pivotal role in regulating pollutant migration, diffusion, and remediation effectiveness. This study first categorizes groundwater pollution sources (point-source/surface-source, natural-source/artificial-source) and pollutant types (organic, inorganic, microbial), then analyzes their migration and transformation characteristics. It systematically investigates the impact mechanisms of groundwater movement properties, soil-rock filtration capacity, recharge-excretion processes, and ecological-environmental interactions. Finally, the paper proposes strategies for risk prediction, differentiated technical combinations, and monitoring-barrier system construction from three aspects: precise investigation, technical optimization, and long-term prevention, providing references for targeted groundwater pollution control.

Keywords

Hydrogeological conditions; Groundwater pollution; Pollution prevention and control

水文地质条件对地下水污染防治的影响机制

许丽琼¹ 李功龙²

1. 甘肃省核地质二一二大队, 中国·甘肃 武威 733000

2. 甘肃能化金昌能源化工开发有限公司, 中国·甘肃 金昌 737100

摘要

地下水是重要战略性水资源, 其污染问题日益突出, 而水文地质条件对污染迁移扩散及防治效果起关键调控作用。本文先划分地下水污染源(点源/面源、自然源/人为源)与污染物类型(有机、无机、微生物), 剖析其迁移转化特征; 再系统探究地下水运动特性、土壤岩石过滤能力、补给排泄过程及生态环境交互作用的影响机制; 最后从精准勘察、技术优化、长效防控三方面, 提出风险预判、差异化技术组合、监测与阻隔体系构建等策略, 为地下水污染精准防治提供参考。

关键词

水文地质条件; 地下水污染; 污染防治

1 引言

随着人类活动加剧, 多重污染源导致地下水污染问题愈发严峻, 威胁水资源安全。传统防治工作因缺乏对水文地质条件的充分考量, 存在针对性不足、效果不佳等问题。基于此, 本文聚焦水文地质条件对地下水污染防治的影响机制, 梳理污染源与污染物类型, 分析水文地质要素的调控规律, 构建优化防治策略, 为地下水精准治理与长效保护提供科学依据。

2 地下水污染的来源与类型

2.1 污染源的分类

地下水污染源可从排放形态与成因两个维度划分, 形成清晰的分类体系。从排放形态来看, 点源污染具有来源集中、排放路径明确的特征, 多表现为工业废水排放口、垃圾填埋场渗滤液、废弃钻井渗漏等, 污染物可在局部区域快速富集, 对周边地下水造成针对性影响; 面源污染则呈现分散性、广泛性特点, 如农业生产中化肥农药的淋溶、地表径流携带的土壤污染物、大气沉降污染物的渗透等, 其影响范围更广, 治理难度相对更大。从成因来看, 自然源污染源于地质环境自身特性, 如特定区域地层中可溶性矿物质的溶解、岩石风化释放的有害物质等, 受水文地质条件的天然调控; 人为源污染是人类活动的产物, 涵盖工业、农业、生活等多个领域, 其排放强度与方式直接影响地下水污染的程度与范

【作者简介】许丽琼(1985—), 女, 中国甘肃康县人, 本科, 工程师, 从事地质勘探水文地质研究。

围, 且与水文地质条件共同决定了污染的扩散态势^[1]。

2.2 常见污染物类型

常见地下水污染物按性质可分为有机污染物、无机污染物与微生物污染物三类, 各类污染物的迁移转化均受水文地质条件制约, 如图 1 所示。有机污染物多来自人为活动, 包括石油烃、挥发性有机物、持久性有机污染物等, 这类污染物部分具有难降解、强毒性特点, 易在包气带和含水层中吸附、截留, 其迁移能力与含水层介质的吸附性能、孔隙结构密切相关; 无机污染物涵盖重金属、硫酸盐、硝酸盐、氟化物等, 既可能来自自然地质背景, 也可能源于工业废水、农业施肥等人为活动, 其溶解与迁移受地下水 pH 值、氧化还原电位等水文地球化学条件影响显著, 进而改变地下水的理化性质。微生物污染物主要包括细菌、病毒、寄生虫卵等, 多源于生活污水、畜禽养殖废水及垃圾渗滤液, 其存活与扩散依赖地下水的水流速度、温度等环境条件, 易通过孔隙介质渗透, 对地下水饮用水安全构成直接威胁。

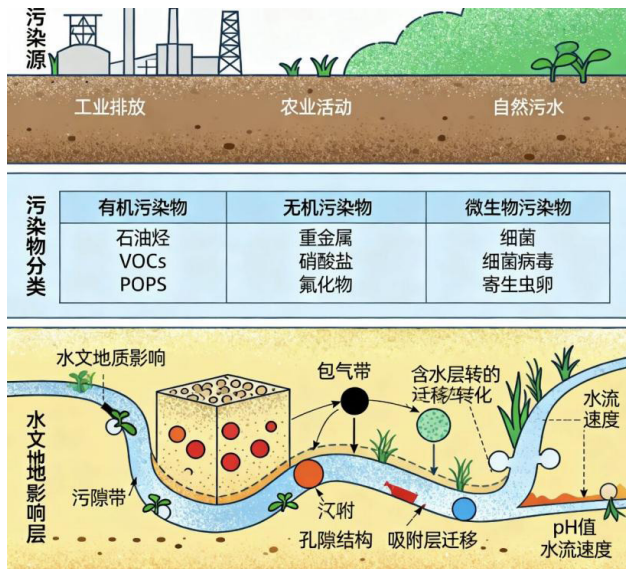


图 1 污染物分类与迁移转化示意图

3 水文地质条件对地下水污染的影响机制

3.1 地下水运动特性

地下水运动特性是影响污染物迁移扩散的核心水文地质要素, 其作用通过渗透性、含水层特征与水流速度、方向共同彰显。渗透性由含水层介质颗粒大小、孔隙度及裂隙发育程度决定, 砂质等渗透性强的含水层, 能为污染物提供快速迁移通道, 加速其在垂向与水平方向的扩散; 而黏土质等渗透性弱的介质, 可形成天然隔水层, 阻碍污染物渗透, 使其在包气带或浅层含水层滞留。同时, 含水层的厚度、分布连续性也会调控污染迁移路径, 厚层连续含水层可扩大污染影响范围, 不连续含水层则可能割裂污染羽, 限制扩散态势。地下水流动速度与方向进一步主导污染扩散进程, 流速越快, 污染物迁移距离越远、扩散速率越高, 且易突破局部

介质阻隔; 流速过慢则会导致污染物在局部富集, 加重污染程度。水流方向由水力梯度决定, 污染物沿水流方向呈羽状蔓延, 若流向地下水补给区或饮用水源地, 将直接威胁水资源安全, 反之则可能缩小污染影响范围^[2]。

3.2 土壤与岩石的过滤能力

土壤与岩石的过滤净化能力, 依赖其物理化学特性及土壤吸附作用, 是地下水污染天然调控的重要环节。含水层介质的物理化学特性直接影响污染物去除效率, 细颗粒介质凭借较大比表面积, 可通过机械过滤截留部分污染物, 同时介质表面发生的离子交换、氧化还原、沉淀等化学反应, 能转化或去除无机污染物与部分有机污染物, 如图 2 所示。土壤吸附能力与污染物浓度存在动态关联, 在土壤吸附容量阈值内, 污染物浓度越高, 土壤吸附量越大, 可有效降低地下水中污染物含量, 发挥净化作用; 当污染物浓度超过吸附容量, 土壤吸附达到饱和后, 便失去净化能力, 未被吸附的污染物会随地下水继续迁移, 加剧污染范围扩大。此外, 土壤与岩石的矿物组成、孔隙结构差异, 还会影响吸附与过滤作用的强弱, 进而改变污染物的迁移转化规律。

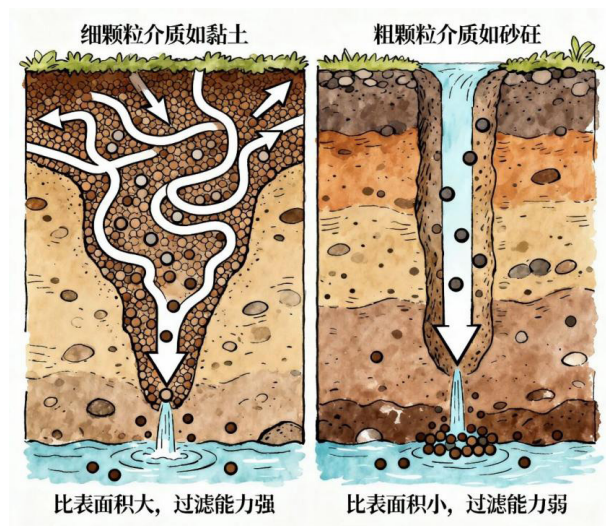


图 2 细颗粒与粗颗粒介质过滤效果对比示意图

3.3 地下水补给与排泄

地下水补给与排泄过程, 通过调控地下水量与水质状态, 间接影响污染物的稀释与积累效应。地下水补给方式决定污染物稀释效率, 大气降水入渗补给是最主要的天然补给形式, 充足的降水入渗能有效稀释地下水中污染物浓度, 降低污染程度; 而地表水补给若自身携带污染物, 反而可能加剧地下水污染, 且补给路径的长短会影响稀释效果, 直接入渗补给的稀释作用更直接高效。排泄过程则主导污染物的积累态势, 若地下水排泄通畅, 如通过泉眼、地下径流排泄, 可将污染物带出含水层, 减少局部积累; 若排泄受阻, 如封闭型含水层或排泄路径被阻断, 污染物难以排出, 会在含水层中长期富集, 逐步加重污染程度, 同时排泄方式还会影响污染物的最终归宿, 间接增加污染防治的针对性难度^[3]。