

平原区浅层地下水污染现状调查及风险防控对策

任广智^{1,2}, 丁国通^{1,2}, 陈海涛^{1,2*}

1. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150086

2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150086

DOI:10.61369/EAE.2025040001

摘要: 本文聚焦平原区浅层地下水污染现状调查及防控对策, 通过系统采样与检测, 发现区域浅层地下水污染程度不一, 城镇周边及工业区污染较重, 主要超标指标包括氯离子、硫酸根离子、重金属、挥发性有机物及微生物等。文章提出了“预防为主、防治结合、综合治理、分类管控”的总体思路与原则, 从源头控制、过程阻断与修复、监管与保障体系建设等方面制定了相应的防控对策, 旨在为改善平原区浅层地下水质量、降低污染风险提供支撑。

关键词: 平原区; 浅层地下水; 污染现状; 风险评价

Investigation on the Current Status of Shallow Groundwater Pollution and Risk Prevention and Control Strategies in Plain Areas

Ren Guangzhi^{1,2}, Ding Guotong^{1,2}, Chen Haitao^{1,2*}

1. Harbin Comprehensive Survey Center of Natural Resources, China Geological Survey, Harbin, Heilongjiang 150086

2. Harbin Black Soil Critical Zone Observatory, Ministry of Natural Resources, Harbin, Heilongjiang 150086

Abstract: This paper focuses on the investigation of the current status of shallow groundwater pollution and prevention and control strategies in plain areas. Through systematic sampling and testing, it was found that the degree of shallow groundwater pollution in the region varied, with heavier pollution around urban areas and industrial zones. The main indicators exceeding standards included chloride ions, sulfate ions, heavy metals, volatile organic compounds, and microorganisms, among others. The paper proposes an overall approach and principles of "prevention first, combining prevention with control, comprehensive management, and classified management and control." Corresponding prevention and control strategies have been formulated in terms of source control, process interruption and remediation, and the construction of supervision and guarantee systems, aiming to provide support for improving the quality of shallow groundwater and reducing pollution risks in plain areas.

Keywords: plain areas; shallow groundwater; pollution status; risk assessment

引言

随着工业化、城镇化进程的加速以及农业集约化发展, 平原区人类活动对浅层地下水的影响日益加剧, 工业废水排放、农业化肥农药过量施用、生活污水渗漏等问题频发, 导致浅层地下水污染风险不断攀升。在此背景下, 开展平原区浅层地下水污染现状调查, 科学评估其污染风险, 并制定针对性的防控对策, 对于保障水资源安全、维护生态环境健康以及促进区域高质量发展具有重要的理论与实践意义。本文以此为出发点, 通过系统调查与分析, 梳理平原区浅层地下水污染现状、特征及来源, 进行污染风险评价, 进而提出切实可行的防控对策, 为平原区浅层地下水保护与治理提供参考。

一、平原区浅层地下水污染现状调查与风险评价

(一) 浅层地下水污染现状评价

地下水是维持生态平衡和日常供水的重要资源, 特别是在干

旱和半干旱地区, 随着工业和城市的快速发展, 人口的不断增加, 农业施肥、废水排放导致地下水中有机和无机化合物浓度升高, 众多区域面临地下水污染问题, 致使生态环境面临被污染的风险, 制约了社会经济的可持续发展, 因此, 进行地下水污染风

险评价是预防地下水污染的前提^[1]。平原区作为重要的农业生产基地与人口聚居区，浅层地下水质量直接关乎区域生态环境与居民健康。为摸清污染现状，调查采用系统采样与检测方法，综合地形地貌、水文地质、土地利用及人口分布等因素，覆盖农田区、城镇周边、工业区等全域，采样深度锁定地表下浅层地下水范围。依据国家规范，对水样开展多项指标检测，包括钾、钠、钙、镁、氯离子、硫酸根离子等常规离子，铅、镉、汞、砷、铬等重金属，挥发性与半挥发性有机物等有机污染物，以及微生物指标^[2]。检测显示，区域浅层地下水污染程度不一，城镇周边及工业区污染较重且呈连片分布，偏远农田与生态良好区污染相对轻微。指标层面，氯离子、硫酸根离子超标突出，可能与地质背景、农业灌溉及生活污水排放相关；部分点位铅、镉等重金属超标，主要源于工业废水与含重金属肥料；挥发性有机物超标则与工业泄漏、生活污染有关；微生物指标超标集中在生活污水排放密集区。总体而言，平原区浅层地下水污染已对水资源利用与生态环境构成威胁，亟待关注与治理。

（二）污染特征分析

在空间分布上，污染程度呈现出由城镇和工业区向周边农村地区逐渐减轻的趋势。城镇中心和工业区附近，由于人口密集、工业活动频繁，大量的生活污水和工业废水未经有效处理就排放，导致地下水污染较为突出；而农村地区，虽然污染程度相对较轻，但由于农业生产中化肥、农药的大量使用，也存在一定的污染风险^[3]。从时间变化来看，通过对不同时期的地下水监测数据进行分析发现，浅层地下水污染具有一定的累积性和滞后性。随着时间的推移，污染物质在地下水中不断积累，污染程度逐渐加重，同时由于地下水的流动速度较慢，污染的治理和恢复也需要较长的时间^[4]。在污染物质组成方面，种类繁多，既有无机污染物，如重金属、硝酸盐、硫酸盐等，也有有机污染物，如苯系物、多环芳烃、农药等。其中，无机污染物主要来源于工业废水、生活污水和农业面源污染；有机污染物则主要来源于工业生产、农药使用和石油泄漏等。

（三）地下水污染来源解析

平原区浅层地下水污染的来源较为复杂，工业污染源是其中重要的一环。平原区内分布着众多的工业企业，这些企业在生产过程中会产生大量的工业废水，其中含有大量的重金属、有机物等污染物质，如果未经处理或处理不达标就直接排放，会通过渗透等方式进入浅层地下水，造成污染。农业生产也是平原区浅层地下水污染的重要来源，在农业种植过程中，为了提高农作物的产量，大量使用化肥和农药，化肥中的氮、磷等营养物质会通过农田排水和渗透进入地下水，导致地下水中硝酸盐等含量超标；农药中的有机污染物则会在土壤中残留，并逐渐渗透到地下水中，对地下水造成污染^[5]。此外，畜禽养殖过程中产生的粪便和污水，如果处理不当，也会对地下水造成污染。随着平原区城镇化进程的加快，人口数量不断增加，生活污水的排放量也随之增多，生活污水中含有大量的有机物、氮、磷等污染物质，如果未经处理就直接排放到环境中，会通过渗透等方式进入浅层地下水，造成污染，而且生活垃圾的随意堆放和填埋，也会产生渗滤

液，对地下水造成污染。

（四）平原区浅层地下水污染风险评价

为科学评估平原区浅层地下水污染风险，本次采用层次分析法与模糊综合评价法结合的方式，构建了包含污染源源强、地下水脆弱性、受体敏感性等指标的评价体系^[6]。污染源方面，工业污染源潜在污染能力较大，农业和生活污染源虽源强较小，但分布广不容忽视。地下水脆弱性上，部分区域因水文地质等条件，抵御污染能力弱，更易受污染。受体敏感性较高，因浅层地下水是重要饮用水和农业灌溉水源，周边人口密集，污染会严重影响居民健康和农业生产。综合评价将污染风险划分为高、中、低三级。高风险区集中在城镇中心、工业区附近及脆弱性高且源强较大区域；中风险区在城镇周边和农业种植集中区；低风险区位于偏远农村和生态好的区域。针对不同区域，高风险区需加强污染源治理监管、控排并修复地下水；中风险区要治理农业面源污染、推广绿色农业技术以减少化肥农药使用；低风险区则需加强生态保护，防止新污染产生。

二、平原区浅层地下水污染风险防控对策

（一）防控总体思路与原则

平原区浅层地下水污染风险防控的总体思路是，以保障区域水资源安全和生态环境健康为核心，坚持“预防为主、防治结合、综合治理、分类管控”的方针。通过源头控制、过程阻断与修复、监管与保障体系建设等多方面措施，构建全方位、多层次的污染风险防控体系，逐步改善浅层地下水质量，降低污染风险，为区域经济社会可持续发展提供有力支撑^[7]。在防控过程中，需遵循预防优先原则，将污染预防放在首位，通过优化产业布局、规范人类活动等方式，减少污染物质进入浅层地下水的机会，从源头上降低污染风险；遵循分类管控原则，根据不同区域的污染风险等级、污染来源和污染特征，制定差异化的防控措施，实行分类管理、精准施策；遵循系统治理原则，综合考虑地下水与地表水、土壤、大气等环境要素的相互关系，采取系统的治理措施，实现多要素协同防控；遵循可持续性原则，在制定和实施防控措施时，充分考虑经济社会发展的实际需求，确保防控措施具有可操作性和可持续性，平衡环境保护与经济发展的关系。

（二）源头控制对策

源头控制是平原区浅层地下水污染风险防控的关键环节，通过减少污染物质的产生和排放，从根本上降低污染风险。优化产业布局，对平原区内的工业企业进行合理规划和布局，将高污染、高耗水的企业搬迁至工业园区，并确保工业园区具备完善的污水处理设施和污染防治措施，防止工业废水对浅层地下水造成污染，同时严格限制在地下水敏感区域新建污染型企业。加强工业污染治理，督促工业企业加大环保投入，改进生产工艺，提高水资源循环利用率，减少工业废水的排放量，对于产生的工业废水，必须经过处理达到国家排放标准后才能排放，严禁偷排、漏排等违法行为^[8]。加强对工业企业的环境监管，定期进行监测和检查，确保企业达标排放。规范农业生产活动，推广测土配方施

肥技术，根据土壤肥力状况和农作物需求，合理确定化肥施用量，减少化肥的过量使用，降低氮、磷等营养物质对地下水的污染风险，鼓励使用有机肥、生物农药等绿色环保农资，减少化学农药的使用量，减轻农业面源污染，加强畜禽养殖污染治理，规模化畜禽养殖场必须建设粪污处理设施，实现粪污资源化利用或达标排放^[9]。强化生活污染治理，加快城镇污水处理厂及配套管网建设，提高生活污水的收集率和处理率，确保生活污水经处理后达标排放，推进农村生活污水治理，根据农村实际情况，采用适宜的污水处理技术，减少生活污水对浅层地下水的污染，加强生活垃圾的收集、运输和处理管理，实行垃圾分类回收，建设规范的生活垃圾填埋场，防止垃圾渗滤液污染地下水。

（三）过程阻断与修复对策

对于已经受到污染或存在污染风险的区域，需要采取有效的过程阻断与修复措施，阻止污染扩散，改善地下水质量。进行污染羽隔离与阻断，在污染区域周边，通过构建防渗帷幕、设置抽水井等方式，形成污染羽隔离带，阻止污染物质向周边未污染区域扩散，对于污染较为严重的区域，可采用人工屏障等技术，阻断污染物质的迁移路径^[10]。应用地下水修复技术，根据污染物质的种类和污染程度，选择合适的地下水修复技术，对于重金属污染，可采用电动力学修复、渗透反应墙等技术；对于有机污染，可采用生物修复、化学氧化还原等技术，在修复过程中，要注重修复技术的安全性和有效性，避免对周边环境造成二次污染。加强土壤污染治理，土壤是地下水污染的重要介质，加强土壤污染治理可以有效减少污染物质向地下水的渗透，对于受污染的土壤，可采用土壤淋洗、固化稳定化、生物修复等技术进行治理，降低土壤中污染物质的含量，切断污染物质进入地下水的途径。

（四）监管与保障体系建设

完善的监管与保障体系是确保平原区浅层地下水污染风险防控措施有效实施的重要支撑。健全法律法规体系，完善与浅层地下水污染防治相关的法律法规和标准体系，明确各方的责任和义务，为污染防治工作提供法律依据，加强对法律法规的宣传和贯

彻执行，提高企业和公众的法律意识和环保意识。加强监测网络建设，建立健全平原区浅层地下水监测网络，优化监测点布局，提高监测频率和监测精度，及时掌握浅层地下水质量变化情况和污染风险动态，利用先进的监测技术和设备，实现对地下水污染的实时监控和预警。强化环境监管执法，加大对平原区浅层地下水污染行为的监管执法力度，严厉打击违法排放、倾倒污染物质等行为，建立健全环境违法举报制度，鼓励公众参与环境监管，形成全社会共同监督的良好氛围。完善资金保障机制，建立多元化的资金筹措机制，加大对浅层地下水污染防治工作的资金投入，一方面政府要设立专项基金，用于污染治理、监测网络建设等工作；另一方面鼓励社会资本参与地下水污染防治项目，通过PPP模式等方式，拓宽资金来源渠道。加强科技支撑，加大对浅层地下水污染防治技术的研发投入，鼓励科研机构、高等院校与企业开展合作，研发一批高效、低成本的污染治理和监测技术，加强对环保专业人才的培养，提高污染防治工作的技术水平和管理能力。

三、结束语

平原区浅层地下水作为区域重要的水资源，其污染现状不容乐观，污染源复杂多样，污染特征呈现空间差异性与时间累积性，已对生态环境和人类健康构成潜在威胁。通过科学的风险评价明确不同区域的污染风险等级，能够为精准防控提供重要依据。针对平原区浅层地下水污染问题，提出“预防为主、防治结合、综合治理、分类管控”的防控思路及一系列具体对策，涵盖了源头控制、过程阻断与修复、监管保障等多个维度，旨在构建全方位的污染风险防控体系。然而地下水污染治理是一项长期而艰巨的任务，具有复杂性和滞后性，需要持续投入和不懈努力。只有多措并举、久久为功，才能逐步改善平原区浅层地下水水质，保障水资源安全，为区域经济社会的可持续发展奠定坚实的水资源基础。

参考文献

- [1] 闫志雲.叶尔羌河流域平原区浅层地下水污染风险评价 [D].新疆农业大学, 2023.DOI:10.27431/d.cnki.gxnyu.2023.000096.
- [2] 侯其迪.毫芜工业园新建水厂水源地浅层地下水污染评价 [J].西部资源, 2023,(02):37-40.DOI:10.16631/j.cnki.cn15-1331/p.2023.02.054.
- [3] 袁瑞强, 章良玉, 龙西亭.洞庭湖上游平原浅层地下水的铁锰污染 [J].水文, 2021, 41(05):97-102.DOI:10.19797/j.cnki.1000-0852.20200200.
- [4] 雷天雷, 马运革, 郝仁琪.成都平原区浅层地下水水质变化趋势浅析 [J].水利技术监督, 2021,(04):23-26+146.
- [5] 杨文芝.白洋淀流域平原区浅层地下水污染风险评价及预测 [D].长安大学, 2021.DOI:10.26976/d.cnki.gchau.2021.001454.
- [6] 唐学芳, 吴勇, 韩莉莹, 等.成都平原典型样区浅层地下水水质调查与污染评价 [J].水土保持通报, 2019, 39(06):163-169.DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.06.024.
- [7] 龚晓洁, 王豫飞, 田源, 等.河南平原浅层地下水有机污染物污染特征研究 [J].环境科学与管理, 2019, 44(11):152-156.
- [8] 赵岩.下辽河平原区辽阳-鞍山地段浅层地下水污染评价 [J].地质与资源, 2015, 24(04):388-393.DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.04.018.
- [9] 杨丽芝, 杨雪柯, 刘春华.山东平原地区浅层地下水有机污染特征分析 [J].中国地质调查, 2015, 2(08):25-30.DOI:10.19388/j.zgdzdc.2015.08.004.
- [10] 陆华, 陆徐荣, 杨磊, 等.淮河流域江苏平原区浅层地下水污染分析 [J].环境监测管理与技术, 2014, 26(05):19-23.