

The change trend and cause analysis of heavy metal pollutants in surface water and groundwater were studied

Li Zhou^{1,2}

1. Inner Mongolia Hydrology and Water Resources Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010020, China
2. Ordos Hydrology and Water Resources Sub-Center, Hohhot, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract

With the rapid advancement of industrialization and urbanization, the problem of heavy metal pollution in surface water and groundwater has become increasingly serious, which poses a great threat to the ecosystem and human health. Taking the heavy metal pollutants and analyzing the literature and monitoring data, the main trend of heavy metal pollution in surface water and groundwater. It is found that heavy metal pollution is regional, dynamic and complex, and its change trend is affected by the change of natural environment and human activities. Through the comprehensive analysis of the typical pollution sources, geological conditions and hydrological characteristics, this paper provides a theoretical basis for the prevention and control of heavy metal pollution, and puts forward the corresponding treatment suggestions.

Keywords

surface water; groundwater; heavy metal pollution; change trend; cause analysis

研究地表水和地下水中重金属污染物的变化趋势及成因分析

周丽^{1,2}

1. 内蒙古自治区水文水资源中心, 中国·内蒙古 呼和浩特 010020
2. 鄂尔多斯水文水资源分中心, 中国·内蒙古 呼和浩特 017000

摘要

随着工业化和城市化的快速推进, 地表水和地下水中重金属污染问题日益严重, 对生态系统和人类健康构成了极大的威胁。本文以重金属污染物为研究对象, 通过分析国内外相关文献资料和监测数据, 探讨了地表水和地下水中重金属污染的变化趋势及其主要成因。研究发现, 重金属污染具有区域性、动态性和复杂性特征, 其变化趋势受到自然环境变化和人类活动的双重影响。文章通过对典型污染源、地质条件和水文特性的综合分析, 为重金属污染防治提供理论依据, 并提出相应的治理建议。

关键词

地表水; 地下水; 重金属污染; 变化趋势; 成因分析

1 引言

地表水和地下水是人类生存和发展的重要资源, 其质量直接关系到生态平衡和公共健康。然而, 近年来, 由于工业废水、农业排放以及城市化进程中产生的污染物排放增多, 水体重金属污染问题日益严峻。重金属污染物由于其毒性强、难降解和生物累积性, 对生态系统及人体健康具有长期潜在危害。研究地表水和地下水中重金属污染的变化趋势及其成因, 不仅可以为水资源保护提供科学支持, 还能为相关污染治理措施的制定提供重要参考。本文通过系统性分析当前水体重金属污染的动态特征及其成因, 明确影响污染变化的关键因素, 并提出合理的治理路径, 以期对未来水资源

管理和污染防治提供科学依据。

2 地表水和地下水中重金属污染的现状

2.1 地表水中重金属污染现状

地表水中的重金属污染主要来源于工业废水、农业面源污染及城市污水的排放。这些污染源不仅具有直接性, 还可能通过复杂的水文地质过程, 导致污染物在更大范围内扩散。相关研究表明, 我国部分流域, 如长江、黄河及珠江流域, 普遍存在铅、镉、砷、汞等重金属超标的现象。例如, 在长江流域, 受沿江工业园区的影响, 部分支流重金属含量超标率达到 50% 以上, 而这些支流又通过入江汇流加剧了污染的扩散效应。此外, 珠江三角洲地区由于电子制造业、化工生产及电镀行业的集中分布, 大量含重金属废水未经有效处理直接排放, 使得区域内河流水体铬、铜等重金属含量显著高于国家标准。城市化的迅速推进也是地表水重金属污

【作者简介】周丽 (1988-), 女, 回族, 中国内蒙古赤峰人, 本科, 工程师, 从事水质水生态监测研究。

染的重要驱动因素之一。城市非点源污染问题的日益加剧，尤其是在降水量较大的城市地区，由道路积尘和建筑废弃物形成的径流，会携带大量的重金属进入河流、湖泊，导致水体中重金属浓度进一步上升。

2.2 地下水中重金属污染现状

与地表水相比，地下水中的重金属污染具有更强的隐蔽性和长期性，其形成与扩散过程往往难以通过表面现象察觉。由于地下水的流动速度较慢，一旦重金属污染物进入地下水系统，往往需要几十年甚至更长时间才能被稀释或降解，从而导致污染的长期累积。目前，地下水中的重金属污染主要集中于矿区周边、工业园区和农业种植密集地区。例如，我国一些矿产资源丰富的区域，如湖南的有色金属矿区、云南的铅锌矿区等，由于采矿活动对地表土壤和岩层的破坏，含重金属的废水和废渣通过渗漏作用进入地下水系统，造成铅、镉和砷的浓度严重超标。在工业园区附近，含铬、镍、铜等重金属的工业废水渗透到含水层中，对区域性地下水水质造成了不可逆的损害。

2.3 重金属污染的主要特点

重金属污染具有区域性、累积性和持久性等显著特点。首先，从区域性来看，重金属污染往往与工业活动密集区、农业生产大省及矿产资源丰富区高度重叠。例如，长江中下游流域和珠江三角洲等经济发达地区，由于工业和农业活动的双重影响，其地表水和地下水中的重金属污染问题尤为突出。而在西北干旱区和高寒地区，由于人类活动较少，重金属污染相对较轻，但也面临矿区开采带来的局部污染风险。其次，重金属污染具有累积性，污染物在进入水体后难以降解，往往随着时间推移逐渐富集。尤其是在水体中沉积物的作用下，重金属容易吸附在颗粒物上并通过食物链进入生物体，从而对生态系统和人体健康产生长期威胁。再次，重金属污染的持久性和不可逆性特点使其治理工作异常复杂。一旦污染形成，往往需要耗费巨大的资源进行长期监测和修复，才能在一定程度上缓解污染问题。

3 重金属污染物变化趋势

3.1 时间尺度上的变化趋势

近年来，随着环保意识的逐步提高和污染治理措施的深入实施，部分区域的重金属污染物浓度呈现一定程度的下降趋势。例如，随着我国严格执行工业排污标准及加强农业污染控制，部分城市的工业废水排放量显著减少，河流水质得到了阶段性改善。然而，由于自然环境的自净能力有限，以及污染物在沉积物和含水层中的长期累积效应，整体水体污染趋势仍未得到根本性扭转。在时间尺度上，重金属污染的变化受季节性降雨、径流变化及人类活动周期的影响，呈现出周期性波动特点^[1]。

3.2 空间分布上的变化趋势

在空间分布上，地表水和地下水中的重金属污染具有

显著的区域差异性。工业化和农业活动集中的地区，如长三角、珠三角及华北平原，通常是水体重金属污染的“重灾区”。这些区域由于经济活动频繁，工业废水和农业面源污染排放量大，导致水体中的重金属污染水平较高。例如，珠江三角洲地区的部分河流，由于电子制造业和化工生产的高密度分布，重金属浓度显著高于国家环境质量标准。而在偏远山区和高原地区，由于人类活动较少，水体重金属污染程度相对较低，表现出较高的背景值稳定性。

4 重金属污染的成因分析

4.1 工业与农业活动的影响

工业废水的直接排放是地表水和地下水重金属污染的主要来源之一，尤其在工业化水平较高的地区，污染问题尤为严重。例如，冶炼行业中产生的含铅、镉废水，化工行业排放的含汞、砷废水，以及电镀行业中释放的六价铬等，都成为水体中重金属污染的主要贡献者。这些废水中重金属含量高、毒性强，如果未经妥善处理便排放到环境中，极易通过地表径流、河流渗漏等方式进入水循环系统，对地表水和地下水的水质造成直接威胁。同时，农业活动也是导致重金属污染的重要来源之一。大面积施用化肥和农药带来的砷、镉、汞等重金属累积，通过径流渗透进入地表水和地下水，进一步加重了污染问题。尤其在种植结构单一的地区，大量使用含重金属的农用化学品已成为地下水砷、镉含量升高的直接诱因。此外，农业污泥作为肥料施用到土壤后，其中的重金属元素也可能通过渗透作用污染地下水系统。这些问题表明，工业废水和农业面源污染共同作用下，水体重金属污染呈现出复杂的多源头、多途径扩散特性，亟需从污染源头进行严格管控。

4.2 自然因素贡献

自然地质条件对水体重金属污染的基础性影响不可忽视。某些地区的地表水和地下水中重金属含量较高，往往源于该区域富含天然矿物资源。例如，我国云贵高原和华南地区的部分区域，由于地质构造复杂、矿产资源丰富，地下水中铅、镉等重金属的本底值远高于其他地区。矿产资源的开采及其伴生矿物的暴露可能进一步加剧重金属向周边环境的释放。此外，自然条件下，气候因素对重金属污染的扩散也起到一定作用。强降雨事件往往会加速地表径流，导致土壤中的重金属污染物随水流进入河流湖泊，造成污染范围的扩大。而在干旱地区，地下水由于蒸发浓缩作用，其重金属浓度也可能升高。土壤的渗透性是影响地下水污染的重要因素，疏松多孔的土壤更容易让污染物渗透到含水层中，从而形成地下水污染问题。这些自然因素决定了水体重金属污染的区域性差异，也为污染治理工作提出了更多挑战^[2]。

4.3 城市化和土地利用变化的作用

城市化的快速发展极大地改变了土地利用方式，进一步加剧了水体重金属污染的发生与扩散。在城市化进程中，

大量的工业企业向城市边缘地带扩张,导致这些区域成为重金属污染的高风险地区。工业废料的不当处理和固体废弃物的随意堆放,往往通过雨水冲刷和渗滤作用,将大量的重金属污染物带入地下水系统。此外,城市基础设施的建设,如道路铺设和建筑施工,也会对原本自然的地表系统造成破坏,增加了地表径流中重金属的负荷。城市生活垃圾填埋场的渗滤液是重金属污染的另一主要来源,这些含有高浓度重金属的液体通过土壤进入地下水,对区域水质造成长期威胁。与此同时,土地利用的无序开发使得自然植被减少,水土流失加剧,加速了重金属污染物的迁移和扩散。这些现象表明,城市化和土地利用的变化不仅对重金属污染的空间分布产生了深远影响,也对污染的治理提出了更高的要求^[9]。

5 重金属污染治理的策略与建议

5.1 源头控制与污染预防

针对工业和农业活动带来的重金属污染,源头控制是最为有效的治理策略之一。在工业领域,应大力推广清洁生产,减少重金属排放。例如,通过优化工艺流程和材料替代来减少高污染原材料的使用;加强工业废水的处理设施建设,确保废水中重金属浓度符合排放标准;对含有重金属的固体废弃物进行规范化处置,避免其直接暴露于自然环境中。此外,强化企业环保监管和排污许可制度,定期开展排放审查和环境评估,对超标排放的企业施行严厉处罚。在农业领域,优化施肥方式是减少重金属污染的重要手段之一。推广精准施肥和滴灌技术,避免农药和化肥的大量使用,从而减少污染物进入水循环的可能性。同时,鼓励有机农业的发展,以有机肥替代化肥,降低农业面源污染对地表水和地下水的影响。通过源头控制措施,可有效减少重金属污染物进入水体的可能性,减轻后续治理的负担。

5.2 监测与修复技术的提升

重金属污染的防治需要依赖高效的监测体系和先进的修复技术。首先,应建立覆盖广泛且精确度高的水体监测网络,通过实时监测系统掌握地表水和地下水重金属污染的动态变化。例如,在重点污染区域安装自动监测站,实时采集

水样数据,并利用大数据技术进行分析和预测,为污染治理提供决策支持。其次,在污染修复方面,可以选择适合当地条件的技术。化学还原法作为一种高效的修复手段,能够快速将六价铬等有害重金属还原为毒性较低的状态;植物修复法利用特定植物对重金属的吸附和固定作用,实现对污染区域的生态恢复;生物强化法则通过微生物作用降解或固定重金属,具有较好的应用前景。在地下水修复中,物理屏障技术和反应墙技术被广泛应用,通过隔离污染源或中和重金属污染物,防止其进一步扩散。综合应用多种修复技术,能够显著提升重金属污染治理的效率和效果^[4]。

6 结语

地表水和地下水重金属污染问题的复杂性和长期性,使其成为当前水资源保护的重大挑战之一。本文通过分析工业、农业及自然因素对重金属污染的复合影响,明确了城市化进程和土地利用变化对污染的放大作用。针对污染的变化趋势和成因,提出了源头控制和修复技术优化的综合治理策略。未来,随着污染治理技术的不断发展以及政策监管的日益完善,水体重金属污染问题有望得到有效缓解。然而,这一目标的实现不仅需要科学研究的持续支持,还需要社会各界的共同努力。通过加大污染防治政策执行力度,提升公众环保意识,优化资源利用效率,将为我国水资源的可持续利用创造更为良好的条件。

参考文献

- [1] 李导玉,王娥,李淑萍,等.某矿周边典型重金属污染特征及管控对策研究[J].西南大学学报(自然科学版),2024,46(12):180-188. DOI:10.13718/j.cnki.xdzk.2024.12.017.
- [2] 常安刚,崔婷婷.模拟土壤重金属的溶出对地下水影响的研究[J].中国锰业,2024,42(05):100-103+110. DOI:10.14101/j.cnki.issn.1002-4336.2024.05.014.
- [3] 魏永强,田鸿业.环境重金属污染研究进展[J].现代农业科技,2024,(19):104-106+120.
- [4] 葛晓远,肖举强,李杰.地下水有机污染修复及在线监测研究进展[J].广东化工,2024,51(17):96-98+80.