

先经预处理单元,该单元的格栅和沉淀池可去除大颗粒悬浮物与部分有机物,减轻后续处理负担;再进入人工湿地处理单元,依据水质和处理要求挑选合适的基质、植物和微生物群落。经实际运行监测,该湿地对总氮(TN)去除率达65% - 75%,对总磷(TP)去除率达60% - 70%,有效去除氮、磷等营养物质,保障了山区水源地的水质安全。

平原地区潮汐流湿地也是一成功范例。平原地形平坦、自然坡度小,难以靠重力流布水,该湿地便采用电磁阀控制潮汐周期,借周期性淹没和排水强化氧传递。淹没时污水充满湿地,为微生物供营养;排水时空气进入,增加溶解氧,促进好氧微生物代谢。合理设置潮汐周期与淹没/排水时间,可优化氧环境、提升污染物去除效率。即便在低温条件下,它仍能保持较高总氮去除率,达 $\geq 55\%$ 。这得益于其独特的氧传递方式和高效的微生物群落结构,能在不同环境稳定运行,高效处理污水。

4.3 运行维护策略

人工湿地运行维护需多管齐下。防堵塞方面,悬浮物是堵塞主因,可在湿地前端设格栅和沉淀池等预处理设施,格栅拦截大颗粒杂质,沉淀池让悬浮物沉淀,降低其浓度与堵塞风险。基质更换上,基质为微生物提供附着处且能吸附沉淀污染物,但其吸附容量会随时间饱和,影响处理效果,需依吸附容量和运行情况确定更换周期,通常5 - 8年,更换时要选与原基质性质相似的新基质。植物管理也不容忽视,植物作用大,为保持其良好状态和处理效果,每年要收割1 - 2次地上部分,及时清理枯萎病死植物,防止病虫害传播。

5 技术应用效果与经济性分析

5.1 氮磷去除效率对比

低能耗人工湿地技术在氮磷去除上优势明显。与相同水力停留时间(HRT)下的传统人工湿地相比,低能耗系统通过优化湿地类型组合、合理配置植物与基质以及科学运行管理,使氮磷去除率提升10% - 20%,这得益于垂直流、水平潜流和复合流湿地的协同,能高效完成硝化、反硝化及磷的吸附沉淀。与化学沉淀法对比,低能耗人工湿地运行成本降低60% - 80%,还避免了化学污泥产生。化学沉淀法需投加成本高的铝盐、铁盐等药剂,且反应后的化学污泥后续处理会增加成本与环境负担,而低能耗人工湿地利用自然生态过程除氮磷,更环保经济。

5.2 经济性评估

低能耗人工湿地经济性优势显著。建设成本上,注重材料本地化,如用建筑废料作基质,既解决废料处理难题,

又降低采购成本,还依当地实际选适宜植物和材料,减少运输成本与价格波动影响。运行费用方面,它主要靠自然能源驱动,像利用地势差重力流布水、潮汐作用强化氧传递,使电费占比 $\leq 10\%$,相比传统需机械曝气的人工湿地,能源消耗和运行成本大幅降低。从全生命周期成本看,它比传统工艺低30% - 50%,涵盖建设、运行维护及设备更新成本等,运行稳定、维护简单,长期运行能大大节约成本。

5.3 环境效益

低能耗人工湿地环境效益非常明显。在碳减排上,它不使用化学药剂,规避了药剂生产时的能源消耗与CO₂排放,且无需机械曝气等高能耗设备,减少了电力生产带来的碳排放。据估算,处理一定量污水时,其CO₂排放量比传统工艺少数吨。生态修复方面,湿地植被为鸟类、昆虫、鱼类等众多生物提供了栖息地与食物,大幅提升区域生物多样性。植物、微生物和基质构成的复杂生态系统,能净化水质、调节气候、保持水土,改善区域生态环境。像一些濒危鸟类会因湿地环境改善而在此栖息繁衍,有力促进了生态平衡的恢复与维持。

6 结论与展望

本研究聚焦低能耗人工湿地系统对水源地氮磷去除技术,通过深入剖析氮磷去除机制,明确了物理、化学与生物协同作用路径。在关键技术层面,从基质、植物、微生物到水流组织与自然能源利用,均取得创新性成果。技术集成与系统设计方面,针对不同地形条件设计了典型案例,运行维护策略也切实可行。实际应用中,该技术在氮磷去除效率、经济性与环境效益上优势显著,为水源地氮磷污染治理提供了高效、经济且环保的解决方案。未来,可进一步探索新型基质与植物组合,提升系统对复杂污染物的处理能力;加强微生物群落调控研究,挖掘其更大净化潜力。同时,扩大技术示范范围,推动在更多中小型水源地规模化应用,并结合智能监测技术,实现系统精准运行管理,持续优化技术性能,为保障水源地水质安全提供更强有力的支撑。

参考文献

- [1] 邱传勇.污水处理厂中的新型氮磷去除技术研究与应用展望[J].皮革制作与环保科技,2024,5(14):120-122.
- [2] 孙会武.污水处理过程中氮、磷去除技术研究与应用[J].黑龙江环境通报,2023,36(09):160-162.
- [3] 宋希冉.新型虹吸补氧湿地系统的构建及其优化运行研究[D].山东大学,2019.
- [4] 梁奇奇.低能耗厌氧-人工湿地系统处理分散式农村生活污水效能研究[D].苏州科技学院,2015.

Detection technology of air pollutants and environmental impact assessment on human health

Dan Zhang Yuan Gong

Hubei Zhonghuan Da Environmental Testing Co., Ltd., Zhongxiang, Hubei, China 431900

Abstract

Air pollution stands as one of the most pressing global environmental challenges, posing serious threats to human health and ecosystems. This study focuses on evaluating detection technologies for atmospheric pollutants and their potential impacts on public health. The paper first details major current monitoring methods including satellite remote sensing, ground-based stations, and mobile monitoring systems, which are essential for real-time air quality assessment. Subsequently, it examines how pollutants such as PM_{2.5}, NO_x, and SO₂ contribute to respiratory diseases, cardiovascular disorders, and other health issues. Through systematic analysis of epidemiological data and field research findings, the study identifies specific correlations between pollutant concentrations and disease incidence rates. These insights provide critical guidance for developing more effective environmental protection policies and public health strategies.

Keywords

air pollutant detection; human health impact; environmental monitoring technology; pollution and disease relationship; environmental policy;

大气污染物的检测技术及其对人类健康的环境影响评价

张丹 龚园

湖北钟环达环境检测有限公司, 中国·湖北 钟祥 431900

摘要

大气污染是全球面临的重大环境问题之一, 对人类健康和生态系统构成了严重威胁。本文集中在探讨大气污染物的检测技术以及评价其对人类健康的潜在影响。首先, 论文详细介绍了当前使用的几种主要大气污染物检测技术, 包括卫星遥感、地面监测站和移动监测系统。这些技术对于实时监测和精确测量大气污染水平至关重要。其次, 研究评估了不同污染物(如PM_{2.5}、NO_x和SO₂)对呼吸系统疾病、心血管疾病以及其他健康问题的影响。通过系统分析流行病学数据和研究调查结果, 本文揭示了污染物浓度与疾病发生率之间的具体关系。此研究对于制定更有效的环境保护政策和公共健康策略具有重要意义。

关键词

大气污染物检测; 人类健康影响; 环境监测技术; 污染与疾病关系; 环境政策

1 引言

大气污染是全球面临的严峻环境问题之一, 随着工业化和城市化的快速发展, 其影响愈发严重, 不仅对环境构成长期损害, 同时也严重威胁人类健康。本文详细探讨了大气污染物的检测技术, 包括卫星遥感、地面监测站和移动监测系统, 这些技术帮助实时追踪和精确量化空气污染物, 为环境科学家和政策制定者提供了必要信息。文中还评估了常见污染物如PM_{2.5}、NO_x和SO₂对人类健康的影响, 揭示了其与呼吸系统疾病及心血管疾病等健康问题的直接关联。研

究表明, 减少大气污染对提升公共健康具有重要意义, 同时强调了进一步优化检测技术和制定有效环境及健康政策的必要性。通过深入分析检测技术和健康影响评估, 本文旨在为政策优化提供科学依据, 并促进公众、科学家与政府合作, 共同应对大气污染带来的健康风险。

2 大气污染物的检测技术

2.1 卫星遥感技术在大气质量监测中的应用

卫星遥感技术在大气质量监测中发挥了至关重要的作用, 其通过获取地表上空大范围的光谱数据, 实现对污染物的空间分布和浓度变化的实时监测^[1]。利用卫星搭载的高光谱和多光谱传感器, 可以对大气中如二氧化硫、氮氧化物、臭氧等气体污染物进行定量分析, 对细颗粒物(PM_{2.5}、PM₁₀)的浓度进行反演计算。与传统地面监测方法相比,

【作者简介】张丹(1985-), 女, 中国湖北蕲春人, 本科, 工程师, 从事环境检测, 深耕水、气、声、土壤等环境检测及评价等研究。

卫星遥感具有覆盖范围广、监测频率高以及能够远程探测的优势，在多尺度监控城市、区域和全球层面的大气污染问题中极具潜力。

卫星遥感技术为跨国界的大气污染研究提供了统一的数据基础。例如，利用大气红外探测器（AIRS）和臭氧监测仪（OMI），科学家能够对多种气体污染物分布趋势进行长期跟踪。结合遥感数据与地面数据的集成分析，可以更准确地验证模型模拟结果，提高大气污染预测的精准度。卫星遥感的广泛应用不仅为学术研究提供了重要支持，也为政策制定者优化环境治理策略提供了科学依据。

2.2 地面监测站在城市污染评估中的角色

地面监测站在城市污染评估中具有不可替代的作用^[2]。这种技术通过分布在不同区域的固定监测点，持续采集空气样本中的污染物浓度数据，为城市空气质量的动态评估提供了科学依据。先进的传感器设备和自动化监测技术的应用使得地面监测站能够精准检测多种污染物，包括PM_{2.5}、NO_x和SO₂等，从而全面反映污染物的空间分布特点^[3]。监测站的数据通常结合地理信息系统和模型分析，用于识别污染源、预测污染扩散趋势，并制定针对性控制措施。地面监测站的工作不仅能为短期空气质量预警提供支持，还能为长期环境规划与政策制定提供重要数据支撑，在城市生态保护与公众健康保障中发挥了关键作用。

2.3 移动监测系统与数据收集的创新

移动监测系统通过搭载先进传感器设备的移动平台，实现对大气污染物的灵活监测。这些系统能够覆盖传统地面监测站难以触及的区域，为数据收集提供动态支持。结合无线通信技术和云端数据处理系统，移动监测设备能够实时传输高精度污染数据，为污染源排查和污染扩散模式分析提供科学依据。这种创新技术提升了环境监测的空间覆盖率和时效性，为改善大气污染提供重要技术支持。

3 大气污染物与人类健康的相关性分析

3.1 细颗粒物（PM_{2.5}）与呼吸系统疾病的关联

细颗粒物（PM_{2.5}）是大气污染物中对人类健康影响最为显著的成分之一，其粒径小于2.5微米，能够深入呼吸道并进入肺部甚至血液循环系统，从而对呼吸系统产生显著危害^[4]。研究表明，长期暴露于高浓度PM_{2.5}环境中，会增加慢性阻塞性肺疾病、哮喘、支气管炎等呼吸系统疾病的发病率和恶化风险。PM_{2.5}中的化学成分，如硫酸盐、硝酸盐、重金属以及多环芳烃等，都可能对肺部组织引发氧化应激反应、炎症反应以及基因损伤。短期高浓度暴露可能诱发急性呼吸道感染，特别是在儿童、老年人和患有既往疾病的群体中。大量流行病学调查显示，PM_{2.5}浓度上升与呼吸系统疾病住院率及死亡率的增加呈现显著正相关。改善大气颗粒污染水平是减少相关疾病负担的重要途径，强调了进一步严格监控和管理PM_{2.5}排放的重要性。

3.2 氮氧化物（NO_x）与心血管问题的相关性

氮氧化物（NO_x）作为重要的大气污染物之一，其对心血管健康的负面影响已被大量研究证实。氮氧化物主要来源于化石燃料的不完全燃烧，广泛存在于交通尾气和工业排放中。当NO_x进入人体后，会通过呼吸系统进入血液循环，诱发炎症反应及氧化应激，从而损伤心血管系统。研究发现高浓度的NO_x与高血压、冠心病、心肌梗死等心血管疾病的发病率显著相关。长期暴露于氮氧化物污染环境中还可能加剧动脉硬化，降低心血管系统的功能稳定性。流行病学调查表明，居住在交通密集区域的人群罹患心血管疾病的风险显著升高，这进一步体现了氮氧化物暴露的健康威胁。降低氮氧化物的环境浓度是减少心血管疾病负担的重要措施，需要通过改善排放控制技术与完善环境监测网络加以实现。

3.3 二氧化硫（SO₂）对人体健康其他潜在影响

二氧化硫（SO₂）作为一种重要的大气污染物，对人体健康构成多方面威胁。研究表明，SO₂吸入可能导致呼吸道刺激及炎症反应，增强哮喘发作风险。高浓度暴露与肺功能减退密切相关，长期暴露甚至可诱发慢性支气管炎。SO₂还可能通过氧化应激诱导心血管系统损伤，增加心血管疾病的发生概率。相关流行病学数据表明，其对特定人群（如儿童、老年人及慢性病患者）格外具有危害，需特别关注高风险人群的保护措施。

4 大气污染对健康影响的长期监测

4.1 监测技术的进步与疾病预防策略

随着环境监测技术的不断进步，大气污染对健康影响的长期监测能力显著提升。现代监测方法通过结合高精度仪器与先进数据分析技术，实现了对污染物浓度与暴露水平的动态跟踪。在卫星遥感技术领域，高分辨率影像能够提供大范围内的污染分布情况，为长期评估和风险预测提供重要依据。地面监测站配备的感应器和采样设备进一步提高了本地污染物监测的准确性，为建立区域性污染模型提供了支持。移动监测系统的引入则为人群流动性与个体暴露研究带来了新视角，有助于捕捉动态环境中潜在的健康风险。

通过将监测数据与流行病学研究相结合，疾病预防策略愈发精准。推动健康早期预警机制的建立，使得医疗资源分配更加合理。监测技术的进步强化了政策制定依据，为控制污染物排放、改善公共健康提供了科学支撑。这些创新举措巩固了长期监控体系的功能，在从源头减少污染暴露的为健康干预措施和疾病防控行动提供了高效途径。

4.2 长期健康数据分析及其政策指导意义

长期健康数据分析对于揭示大气污染物对人类健康的慢性影响具有重要意义。通过综合分析大规模流行病学数据和长期健康监测记录，可深入挖掘污染物浓度与疾病发生率及病程进展的关系。这些分析不仅能够识别关键健康风险因素，还能高危人群的精准保护提供依据。例如，不同地区