

水质监测中的新型传感器技术研究

樊洪波

河南省郑州水文水资源测报分中心 河南 郑州 450000

摘要:在生态环境备受关注的当下,水质状况直接关联着人类生活与生态系统的稳定。本文聚焦于水质监测中的新型传感器技术研究。首先概述了水质监测的基本情况,接着深入剖析了光学、电化学、生物、基于微机电系统(MEMS)以及纳米等新型传感器的关键技术。随后探讨了新型传感器技术面临的稳定性、耐久性、信号干扰、成本及数据处理等挑战。最后展望了其多参数集成化、智能化自动化、高灵敏度选择性以及与物联网、大数据融合的发展趋势,旨在为水质监测领域新型传感器技术的进一步发展和应用提供参考。

关键词:水质监测;新型传感器;技术研究

引言:水是生命之源,水质状况直接关系到生态环境和人类健康。随着工业化、城市化的快速发展,水污染问题日益严峻,对水质监测的精准性和高效性提出了更高要求。传统的水质监测方法存在一定局限性,而新型传感器技术凭借其独特优势,为水质监测带来了新的契机。本文将系统地研究水质监测中的新型传感器技术,涵盖其关键技术、面临的挑战以及未来发展趋势,以推动该领域的技术进步和应用实践。

1 水质监测概述

水质监测,是通过科学手段监视和测定水体中污染物的种类、各类污染物的浓度及变化趋势,进而评价水质状况的关键过程。其监测范围极为广泛,既涵盖未被污染和已受污染的天然水,像奔腾不息的江河、广袤无垠的湖泊、波澜壮阔的海洋以及深藏地下的地下水,也囊括各种各样的工业排水系统。水质监测项目丰富多样,主要分为两大类。一类是反映水质状况的综合指标,比如温度,它影响着水的物理、化学性质以及水生生物的活动;色度可直观体现水体颜色,在一定程度上反映污染情况;浊度表明水中悬浮物含量,关乎水体清澈度;pH值衡量水体酸碱度;电导率反映水中溶解盐类的含量;悬浮物、溶解氧、化学需氧量和生化需氧量等指标,从不同角度展现水质的综合状态。另一类则是一些有毒物质,例如酚、氰、砷、铅、铬、镉、汞等重金属,以及有机农药等,这些物质对生态环境和人类健康危害极大,需重点监测。水质监测按对象划分,包括对地表水及地下水的经常性监测,时刻关注自然水体的质量变化;对生产和生活过程开展监视性监测,监督人为活动对水质的影响;在发生突发情况时进行事故监测,以便及时应对水质污染事故;同时,监测数据还为环境管理提供数据支撑,助力相关部门制定政策、监管污

染,为环境科学研究提供资料,推动学术发展,助力水质监测技术的持续革新^[1]。

2 水质监测中的新型传感器的关键技术

2.1 光学传感器技术

光学传感器技术在水质监测中占据重要地位,它主要基于光与水体中物质的相互作用来实现对水质参数的检测。常见的有光谱吸收传感,不同物质对特定波长的光有选择性吸收,像紫外-可见光谱吸收法、红外光谱吸收法,通过测量水样在特定波长范围的光吸收强度,就能确定水中特定物质浓度,常用于检测溶解性有机物、无机离子等。荧光传感则利用某些物质吸收光后释放荧光的现象,通过测量荧光强度和波长,可定性或定量检测水中特定物质,对低浓度物质灵敏度高,常被用于监测有机污染物和微生物。拉曼光谱传感基于拉曼散射效应,能提供水样分子结构和组成信息,用于识别和定量分析多种水质参数,具有非破坏性、高灵敏度和多参数检测的优势。

2.2 电化学传感器技术

电化学传感器基于电化学反应原理工作,通过测量待测物质在溶液中的电化学性质,如电导率、氧化还原电位、电荷转移等,实现对物质浓度的测定。其结构通常包括敏感膜、离子选择性电极和参比电极,敏感膜负责与待测物质发生电化学反应,离子选择性电极用于检测敏感膜的电化学性质,参比电极提供稳定的电位参考。在水质监测中,它能实现对多种物质的检测。例如,通过测量重金属离子在溶液中的氧化还原电位,可得到其浓度,从而实现对重金属离子的实时监测;通过测量阴离子在溶液中的电导率,可检测阴离子浓度;对溶解氧,通过测量其在溶液中的氧化还原电位,可得出溶解氧浓度;测量有机污染物在溶液中的电荷转移,能

检测有机污染物浓度。

2.3 生物传感器技术

生物传感器是将生物识别元件与物理换能器相结合的分析装置,可将生物识别事件转化为可测量的电子信号。生物元素对特定靶标具有高亲和力和特异性,能识别和捕获水样中的污染物,随后生物识别的信号(如电化学、光学或声学)被传感器转换为可测量信号。在水质监测方面,其应用十分广泛。在污染物检测上,抗体或酶探针可检测水中镉、铅、汞等重金属离子;免疫传感或生物传感器能检测持久性有机污染物、农药等有机化合物;核酸探针和抗体传感器可检测水中大肠杆菌、军团杆菌和诺如病毒等细菌和病毒。在生物毒性评估方面,可利用活性细胞作为生物识别元件检测细胞毒性物质,使用荧光报告基因或其他生物标记物检测基因毒性物质,利用雌激素或雄激素受体检测内分泌干扰物。

2.4 基于微机电系统(MEMS)的传感器技术

基于微机电系统(MEMS)的传感器技术是融合了微机械加工技术、微电子技术等多种技术的新型传感器技术。其具有体积小、重量轻、功耗低、成本低、集成度高、可批量生产等诸多优点。在水质监测中,MEMS传感器可用于多种参数的检测。MEMS加速度传感器可对水体的流动状态、振动情况等进行监测,辅助判断水流速度、水体是否受到外界干扰等。此外,还可将多种功能的MEMS传感器集成在一个芯片上,实现对水质多参数的同时监测,极大地提高了监测效率和设备的便携性。同时,MEMS技术便于与其他电路集成,可实现信号的快速处理和传输,为水质监测的智能化、小型化发展提供了重要支撑。

2.5 纳米传感器技术

纳米传感器技术利用纳米材料独特的物理化学特性,显著增强了传感器的性能。纳米材料具有大比表面积、高活性等特点,使得纳米传感器在水质监测中展现出超高灵敏度和多功能性。碳纳米管可作为传导通路,检测目标污染物与受体结合引起的电导率变化。纳米传感器可用于检测水中痕量污染物、病原体、营养盐等指标。通过将不同类型的纳米材料组合,还能构建纳米传感器阵列,实现对多种水质参数的高通量、实时检测,包括pH值、溶解氧、离子浓度和重金属等各种水质指标。并且,结合微纳加工技术,纳米传感器能够实现低成本、高通量和多重检测,在水质监测领域具有广阔的应用前景。

3 新型传感器技术面临的挑战

3.1 传感器的稳定性和耐久性

在水质监测复杂的应用场景中,传感器的稳定性和耐久性面临诸多考验。水体成分复杂,酸碱度、温度、盐度等时刻变化,这些因素会侵蚀传感器敏感元件,影响其性能稳定性。例如,在工业废水排放口附近,水质酸碱度和污染物浓度波动大,传感器易受腐蚀,导致测量精度下降。此外,长期连续工作也会使传感器内部元件老化,像光学传感器的光源发光强度会随时间衰减,生物传感器的生物识别元件活性降低,从而降低传感器的稳定性和使用寿命,难以满足长期、可靠的水质监测需求^[2]。

3.2 信号干扰与噪声问题

水质监测现场存在多种信号干扰源,影响传感器的信号准确性。电磁干扰较为常见,周围的电气设备、通信基站等产生的电磁场,会干扰传感器的电信号传输。例如,在城市河流监测点,周边的交通信号灯、配电箱等设备产生的电磁干扰,可能导致电化学传感器的测量信号出现波动。此外,水体中杂质、微生物等也会产生噪声信号,影响传感器对目标物质的检测。在浑浊的水体中,悬浮物会干扰光学传感器的光路,使检测信号失真,导致测量结果误差增大,严重影响水质检测数据的可靠性。

3.3 成本与规模化生产

新型传感器技术在研发初期,往往需要投入大量资金用于材料研究、工艺开发和设备购置,导致传感器成本居高不下。同时,目前部分新型传感器的生产工艺尚未成熟,难以实现规模化生产,无法通过规模效应降低成本。像基于微机电系统(MEMS)的传感器,其制造过程对设备和工艺要求极高,良品率较低,限制了大规模生产,进而影响了新型传感器在水质监测领域的广泛应用和推广。

3.4 数据处理与分析

随着水质监测传感器数量增多、监测频率提高,产生的数据量呈爆炸式增长,对数据处理与分析带来巨大挑战。这些数据具有多源、异构的特点,来自不同类型传感器,数据格式和精度各异,增加了数据整合与处理难度。传统数据处理方法难以快速、准确地从海量数据中提取有价值信息,用于水质评估和污染预警。而且,水质数据变化复杂,存在噪声和异常值,需要先进的算法和模型来准确分析数据趋势,挖掘数据背后的水质变化规律,以实现水质状况的精准判断,这对数据处理与分析的技术水平提出了更高要求。

4 新型传感器技术的发展趋势

4.1 多参数集成化

多参数集成化是新型传感器技术发展的重要方向。传统水质监测需多个独立传感器分别检测不同参数,操作繁琐且成本高。未来,将多种功能的传感器集成在同一设备中成为趋势。例如,可将检测温度、pH值、溶解氧、电导率、浊度等常见参数的传感器集成,一次测量便能获取全面水质信息,大大提升监测效率。科研人员正研发新型集成材料与制造工艺,如采用微机电系统(MEMS)技术,在微小芯片上集成多种传感器,减小设备体积的同时,降低功耗,还能避免不同传感器单独测量时的误差累积,提高测量精度。多参数集成化传感器不仅能满足常规水质监测需求,在工业废水复杂成分监测、海洋环境多指标探测等场景中,更能凭借全面监测优势,为水质评估提供更完整、准确的数据,助力相关部门及时掌握水质综合状况,做出科学决策。

4.2 智能化与自动化

智能化与自动化将深度赋能水质监测领域。新型传感器将配备智能算法,能自动处理和分析监测数据。通过机器学习技术,传感器可学习不同水质状况下的数据特征,自动识别水质异常情况,并及时发出预警。比如,当检测到水体中某种污染物浓度异常升高时,传感器能快速判断污染程度及可能的影响范围,为后续处理争取时间。在自动化方面,传感器可与自动采样、预处理设备集成,实现从水样采集、检测到数据上传的全流程自动化。无需人工频繁干预,即可全天候、不间断地监测水质变化。这不仅节省人力成本,还能确保监测的连续性和准确性,减少人为操作带来的误差。在偏远地区或恶劣环境的水质监测中,智能化与自动化的传感器系统优势更为明显,可通过远程控制,实现无人值守监测,极大地拓宽水质监测的覆盖范围和效率。

4.3 高灵敏度与高选择性

随着对水质要求的日益严格,新型传感器须具备更高灵敏度和选择性。高灵敏度使传感器能检测到痕量污染物,如水中极微量的重金属离子、持久性有机污染物等。纳米材料因其独特的物理化学性质,被广泛应用于提升传感器灵敏度,如纳米线、纳米颗粒等,可显著增强传感器与目标物质的相互作用,降低检测下限。在选择性方面,通过设计特异性识别元件,让传感器仅对特定目标物质产生响应,避免其他物质干扰。分子印迹技

术制备的传感器,能对目标分子实现高选择性捕获和检测。高灵敏度与高选择性的传感器,能在复杂水体环境中,准确检测出关键污染物,为水质安全提供更可靠保障,助力及时发现潜在水质风险,更好地保护生态环境和人类健康。

4.4 与物联网、大数据的融合

新型传感器技术与物联网、大数据融合是必然趋势。借助物联网,传感器可将实时监测数据通过无线网络传输至云端,实现数据的远程共享和实时监控。工作人员能随时随地通过手机、电脑等终端设备查看水质数据,及时掌握水质动态。不同地区、不同类型的传感器数据汇聚形成庞大的水质监测大数据,利用大数据分析技术,可挖掘数据背后的规律和趋势。对不同区域水质数据对比分析,评估污染来源和传播路径。此外,大数据与人工智能算法结合,还能优化传感器的监测策略,如根据水质变化情况自动调整监测频率和参数,实现更高效、精准的水质监测,推动水质监测向智能化、精细化方向发展,为水资源管理和保护提供有力的数据支撑^[3]。

结束语

新型传感器技术在水质监测领域展现出巨大潜力,为应对水污染挑战提供了有力支持。从光学、电化学到生物、MEMS及纳米传感器技术,它们各有优势,在提升监测精度、实现多参数快速检测等方面取得显著进展。然而,稳定性、信号干扰、成本及数据处理等难题,仍制约着这些技术的广泛应用。但展望未来,多参数集成化、智能化自动化、高灵敏度选择性以及与物联网、大数据融合的趋势,将为水质监测带来革新。通过持续创新与跨学科合作,新型传感器技术有望突破现有瓶颈,构建更高效、智能的水质监测体系,为水资源保护与可持续利用筑牢技术基石。

参考文献

- [1]罗裙绮.浅谈生物技术在水质检测与污水处理中的应用[J].低碳世界,2019,9(01):24-25.
- [2]黄楠.生物传感器在水质监测上的应用进展[J].当代化工研究,2018(11):10-11.
- [3]周期跃.水污染治理中微生物检测技术的应用[J].科技展望,2015,25(35):131-135.