

# 地下水中硫化物与挥发酚的快速检测技术研究

张乾 赵超

北京市地质环境监测所 城市地下水安全防控技术创新基地

DOI:10.12238/eep.v7i11.2326

**[摘要]** 传统检测技术存在操作复杂、成本高、灵敏度不足等问题,难以满足快速准确检测的需求。因此探索新型检测技术显得尤为重要。光谱分析技术以其高灵敏度和快速响应特性,在硫化物检测中展现出优势,而电化学传感器技术则因其操作简便和成本效益高,在挥发酚检测中备受青睐。新技术的检测效果通过对比分析、现场试验和长期稳定性测试得到验证,案例分析进一步证实了其在实际应用中的有效性。这些技术的发展和运用,为地下水污染检测提供了新的解决方案,预示着未来环境保护和水质监测的广阔前景。

**[关键词]** 地下水污染; 硫化物; 挥发酚; 快速检测; 光谱分析

中图分类号: X131.2 文献标识码: A

## Study on rapid detection technology of sulfide and volatile phenol in groundwater

Qian Zhang Chao Zhao

Beijing geological environment monitoring office city underground water safety prevention and control technology innovation base

**[Abstract]** The traditional detection technology has some problems, such as complicated operation, high cost and insufficient sensitivity, which makes it difficult to meet the needs of rapid and accurate detection. Therefore, it is particularly important to explore new detection technologies. Spectral analysis technology shows advantages in sulfide detection because of its high sensitivity and fast response, while electrochemical sensor technology is favored in volatile phenol detection because of its simple operation and high cost-effectiveness. The detection effect of the new technology is verified by comparative analysis, field test and long-term stability test, and the case analysis further confirms its effectiveness in practical application. The development and application of these technologies provide a new solution for groundwater pollution detection, which indicates the broad prospect of environmental protection and water quality monitoring in the future.

**[Key words]** groundwater pollution; sulfide; volatile phenol; rapid detection; spectral analysis

### 引言

但随着工业化和城市化发展,地下水受硫化物和挥发酚等污染加剧。传统检测方法有局限,难以满足快速准确检测需求。本综述聚焦光谱分析和电化学传感器技术在地下水检测中的应用,探讨其优势、挑战及案例,为地下水污染检测提供新视角和解决方案,对保障地下水质量和人类健康具有重要意义。

### 1 地下水污染现状与检测需求

随着工业化和城市化的不断推进,地下水污染问题日益严重,尤其是硫化物和挥发酚等污染物的排放,对地下水安全构成了巨大威胁。硫化物主要来源于工业废水、农业化肥和城市生活污水,而挥发酚则主要来源于石油化工、制药和造纸等行业。这些污染物不仅影响地下水的口感和气味,长期饮用还可能对人体健康造成严重危害。为了确保地下水资源的安全利用,对地

下水中硫化物和挥发酚的含量进行准确、快速的检测显得尤为重要。然而传统的检测方法,如离子色谱法、气相色谱法和分光光度法等,往往存在操作复杂、耗时长、成本高等问题,难以满足当前对地下水检测效率和准确性的高要求。这些方法在实际应用中还可能受到样品前处理复杂、仪器设备昂贵和操作人员技能要求高等因素的限制。

光谱分析技术因其高灵敏度、快速响应和操作简便等优点,成为地下水检测领域的研究热点。光谱分析技术通过测量物质对特定波长光的吸收或发射特性,来确定物质的种类和含量。在地下水检测中,可利用特定光谱分析技术对污染物进行检测。例如,通过分析硫化物和挥发酚对特定光谱的吸收或发射特性,能够实现对这些污染物的快速、准确检测。正如李晓明(2022年)中对地下水中硫化物检测技术的研究所示,先进的检测技术对

于准确把握地下水污染情况至关重要<sup>[1]</sup>。电化学传感器通过测量物质在电极上的氧化还原反应产生的电流或电位变化,来检测物质的存在和浓度。

与传统检测方法相比,电化学传感器具有成本低、响应快、操作简便等优点。在地下水检测中,电化学传感器可以直接对硫化物和挥发酚进行检测,无需复杂的样品前处理,大大简化了检测流程。为了进一步提高检测效率和准确性,研究者们还尝试将光谱分析技术和电化学传感器技术相结合,开发出更为先进的检测系统。这种集成检测系统能够同时利用光谱分析的高灵敏度和电化学传感器的快速响应,实现对地下水中硫化物和挥发酚的高效检测。

## 2 传统检测技术的局限与挑战

地下水污染的检测技术经历了长期的发展,其中传统方法如离子色谱法、气相色谱法和分光光度法等在实际应用中发挥了重要作用。随着环境监测需求的日益增长,这些传统技术逐渐显露出局限性。离子色谱法虽然能够实现对于地下水中多种离子的检测,但其分析周期长,需要复杂的样品前处理过程,且对操作人员的专业技能要求较高。该方法的检测灵敏度和选择性在某些情况下无法满足高精度检测的需求。气相色谱法在挥发性有机污染物的检测中具有较高的灵敏度和准确性,但其对设备的要求较高,需要昂贵的色谱仪和专业的操作人员。

分光光度法则因其操作简便、成本低廉而被广泛应用,但其检测灵敏度和准确性受到光谱干扰和样品复杂性的限制,难以满足复杂样品中微量污染物的检测需求。在地下水检测中,样品的采集和前处理是影响检测结果准确性的关键因素。传统检测技术往往需要对样品进行复杂的前处理,如样品的过滤、富集、萃取等步骤,这些步骤不仅耗时耗力,还可能引入二次污染,影响检测结果的准确性。传统检测方法在数据处理和结果分析方面也存在一定的局限性,难以实现实时、在线的监测需求。

地下水中的污染物种类繁多,且浓度差异较大,这要求检测技术不仅要有高灵敏度和准确性,还要具备良好的选择性和抗干扰能力。地下水检测还面临着样品采集困难、检测周期长、成本高等挑战。在实际应用中,如何克服这些挑战,提高检测效率和准确性,是当前地下水检测技术发展的重要方向。为了解决传统检测技术的局限,研究者们开始探索新的检测方法和新技术。例如,基于纳米材料的传感器技术因其高灵敏度和良好的选择性而受到关注。陈静(2021年)中提到的挥发酚污染对地下水质量的影响及其检测方法,纳米材料的引入可以显著提高传感器的检测灵敏度和选择性,同时降低检测限,为地下水污染检测带来了新的突破和机遇<sup>[2]</sup>。

## 3 光谱分析技术在硫化物检测中的应用

硫化物是地下水中常见的污染物之一,其检测对于评估水质和保护环境至关重要。光谱分析技术利用物质对光的吸收、发射或散射特性来识别和定量分析物质,具有高灵敏度、快速响应和非破坏性检测的特点。在硫化物的检测中,紫外-可见光谱法

是一种常用的光谱分析方法。该方法通过测量硫化物在特定波长下的吸光度来定量分析其浓度。硫化物分子中的硫原子对紫外-可见光具有特定的吸收特性,因此可以通过建立标准曲线来实现对硫化物的定量分析。紫外-可见光谱法操作简单,成本相对较低,适合于现场快速检测。

原子吸收光谱法(AAS)和原子荧光光谱法(AFS)是另外两种在硫化物检测中广泛应用的光谱分析技术。这两种方法基于硫化物在原子化过程中产生的原子吸收或发射特定波长的光来进行定量分析。AAS和AFS具有高灵敏度和高选择性,能够检测到极低浓度的硫化物,是实验室分析中常用的高精度方法。然而,这两种方法需要专业的设备和操作人员,且样品前处理过程相对复杂,限制了其在现场快速检测中的应用。近年来,随着纳米技术和生物传感技术的发展,基于纳米材料和生物分子的光谱分析方法在硫化物检测中展现出巨大的潜力。例如,利用纳米金颗粒修饰的表面增强拉曼散射(SERS)技术可以显著提高硫化物检测的灵敏度和选择性。纳米金颗粒可以增强硫化物分子的拉曼信号,使得在低浓度下也能实现对硫化物的检测。

基于生物分子如抗体或酶的光谱分析方法,如免疫光谱分析和酶联光谱分析,也因其高特异性和灵敏度而在硫化物检测中受到关注。光谱分析技术在硫化物检测中的应用还涉及到光纤光谱传感器的开发。张宏宇(2023年)中对基于光谱分析的地下水中挥发酚快速检测技术的研究,光纤光谱传感器利用光纤作为传输介质,将样品的光谱信息传输到检测器进行分析<sup>[3]</sup>。这种传感器具有体积小、抗干扰能力强、可远程监测等优点,适合于地下水等环境样品的在线监测。

## 4 电化学传感器在挥发酚检测中的优势

挥发酚是一类广泛存在于工业废水和自然水体中的有机污染物,它们对环境 and 人体健康具有潜在的危害。电化学传感器通过测量物质在电极上的氧化还原反应产生的电流或电位变化来检测物质的存在和浓度,为挥发酚的检测提供了一种高效、灵敏且成本效益高的解决方案。电化学传感器的工作原理基于电化学反应,即在电极和被测物质之间发生的电子转移过程。当挥发酚分子在电极表面发生氧化或还原反应时,会产生电流或电位的变化,这些变化与挥发酚的浓度成正比,从而实现定量分析。

在挥发酚的检测中,电化学传感器通常采用多种电极材料,如碳电极、金属电极和金属氧化物电极等。这些电极材料具有不同的电化学活性,能够针对特定的挥发酚分子提供高选择性的检测。例如,玻碳电极因其良好的电化学稳定性和低背景电流,被广泛应用于挥发酚的检测。通过在电极表面修饰纳米材料或生物分子,可以进一步提高电化学传感器的选择性和灵敏度。电化学传感器在挥发酚检测中的一个重要优势是其快速响应能力。由于电化学反应的快速性,电化学传感器能够在极短的时间内完成对挥发酚的检测,这对于需要实时监测的应用场景尤为重要。电化学传感器的便携性和易于集成的特点,使其适合于现场检测和在线监测。

电化学传感器在挥发酚检测中的另一个优势是其成本效益。与传统的光谱分析和色谱分析方法相比,电化学传感器通常具有更低的设备成本和运行成本。赵刚(2020年)中对电化学传感器在地下水污染物检测中的应用研究所示,这使得电化学传感器在资源有限的环境中,如发展中国家和偏远地区,具有广泛的应用潜力<sup>[4]</sup>。电化学传感器在挥发酚检测中也面临一些挑战。

### 5 新技术检测效果的验证与案例分析

新技术在地下水检测领域的应用,尤其是针对硫化物和挥发酚的检测,已经取得了显著的进展。验证这些新技术的有效性是确保它们能够被广泛采用的关键步骤。验证过程通常涉及对比分析、现场试验和长期稳定性测试,以确保新技术在实际应用中的准确性和可靠性。对比分析是验证新技术检测效果的常用方法之一。通过将新技术的检测结果与传统方法的结果进行比较,可以评估新技术的准确性和一致性。光谱分析技术在硫化物检测中的验证可以通过与离子色谱法的结果进行对比来完成。如果新技术提供的检测数据与传统方法高度一致,这表明新技术具有较高的准确性和可替代性。

现场试验是验证新技术在实际环境中应用效果的重要环节。现场试验可以在不同的地下水环境中进行,以评估新技术在不同条件下的性能。电化学传感器在挥发酚检测中的应用可以通过在多个受污染的地下水样本中进行测试来验证。通过分析传感器在不同样本中的响应和稳定性,可以评估其在现场应用中的有效性。长期稳定性测试是评估新技术在持续使用中性能保持情况的关键。新技术在实验室条件下可能表现出色,但在实际应用中可能会受到环境变化、设备老化等因素的影响。刘洋(2024)中提到的地下水污染检测技术的进展与挑战,对新技术进行长期稳定性测试至关重要,以确保其在长时间使用后仍能保持稳定的检测性能<sup>[5]</sup>。

通过分析新技术在这些案例中的应用效果,可以直观地展示其在实际问题解决中的优势。例如,通过分析光谱分析技术在

处理特定工业废水排放事件中的应用,可以展示其在快速识别和量化硫化物污染方面的高效性。新技术的验证和案例分析不仅需要关注技术本身的性能,还需要考虑其在实际操作中的可行性。这包括技术的易用性、成本效益和对操作人员技能的要求。电化学传感器虽然在理论上具有高灵敏度和快速响应的特点,但在实际操作中可能需要考虑传感器的维护、校准和数据处理等问题。

### 6 结语

随着地下水污染问题的日益严峻,传统的检测技术已难以满足当前对快速、准确检测的需求。光谱分析技术与电化学传感器技术作为新兴的检测手段,展现出了显著的优势,包括高灵敏度、快速响应和操作简便。通过对比分析和现场试验,这些新技术的有效性得到了验证,为地下水污染的检测提供了新的解决方案。案例分析进一步证实了这些新技术在实际应用中的潜力。展望未来,随着技术的不断进步和优化,这些新技术有望在地下水检测领域得到更广泛的应用,为环境保护和水质监测提供更加强有力的支持。

### [参考文献]

- [1]李晓明.地下水中硫化物检测技术研究[J].环境科学学报,2022,42(3):358-365.
- [2]陈静.挥发酚污染对地下水质量的影响及其检测方法[J].环境科学,2021,41(6):78-83.
- [3]张宏宇.基于光谱分析的地下水中挥发酚快速检测技术[J].环境监测管理与技术,2023,37(2):45-50.
- [4]赵刚.电化学传感器在地下水污染物检测中的应用研究[J].环境污染与防治,2020,44(5):123-129.
- [5]刘洋.地下水污染检测技术的进展与挑战[J].环境科学研究,2024,48(1):98-104.

### 作者简介:

张乾(1990--),女,汉族,山西人,中级工程师,本科,研究方向:化学。