

# 化学检测技术在水质检测中的应用研究

胡广森

河北省廊坊水文勘测研究中心

DOI:10.12238/hwr.v9i3.6149

**[摘要]** 随着社会发展、科学进步和人民生活水平的提高,人们对生活饮用水的水质要求不断提高。本文深入探讨了化学检测技术在水质检测领域的应用,通过对水质化学检测主要设备及其原理的剖析,阐述了化学检测技术在提升水质检测精确性、高效性和适应性方面的显著优势。充分论证离子色谱法、气相色谱法、质谱法、紫外可见光谱法等多种化学检测技术在水质检测中的具体应用,旨在为水质检测技术的优化与发展提供理论支持和实践参考。

**[关键词]** 水质检测 ; 化学检测; 技术应用

中图分类号: G633.8 文献标识码: A

## Research on the application of chemical detection technology in Water quality detection

GuangSen Hu

Langfang Hydrology Survey and Research Center, Hebei Province

**[Abstract]** With the development of society and economy, scientific progress and the improvement of people's living standards, people's water quality requirements for drinking water are constantly improving. This paper discusses the application of chemical testing technology in the field of water quality testing, through the analysis of the main equipment and principle of water quality chemical testing, and expounds the significant advantages of chemical testing technology in improving the accuracy, efficiency and adaptability of water quality testing. Fully demonstrate the specific application of ion chromatography, gas chromatography, mass spectrometry and other chemical detection technologies in water quality detection, aiming to provide theoretical support and practical reference for the optimization and development of water quality detection technology.

**[Key words]** water quality testing; chemical testing; technology application

### 前言

随着工业化进程的加速和人口的增长,水污染问题日益严峻,对水质检测技术的要求也越来越高。化学检测技术凭借其独特的优势,在水质检测中发挥着至关重要的作用,能够准确、快速地测定水中各种污染物的种类和含量,为水资源的合理利用和保护提供科学依据。

### 1 水质化学检测主要设备与原理

#### 1.1 光谱分析仪器

光谱分析仪器基于物质对光的吸收、发射或散射特性进行分析。在水质检测中,常见的有紫外可见分光光度计、红外光谱仪和原子吸收光谱仪等。例如,紫外可见分光光度计利用物质分子对紫外和可见光的吸收特性,通过测量特定波长下的吸光度,依据朗伯-比尔定律定量分析水中的物质浓度<sup>[1]</sup>。不同的物质具有特定的吸收光谱,可用于鉴别和测定水中的重金属离子、有机物等污染物。原子吸收光谱仪则是基于基态原子对特定波长的吸收,通过测量吸光度来测定水中金属元素的含量,具有灵敏

度高、选择性好等优点。

#### 1.2 质谱仪器

质谱仪器通过将样品离子化,然后根据离子的质荷比( $m/z$ )对其进行分离和检测。在水质检测中,常用的质谱技术有气相色谱-质谱联用(GC-MS)和液相色谱-质谱联用(LC-MS)。GC-MS适用于分析挥发性和半挥发性有机化合物,先通过气相色谱将混合物分离成单个组分,再进入质谱仪进行检测。LC-MS则用于分析不易挥发、热不稳定或极性较大的化合物,液相色谱的分离能力与质谱的高灵敏度、高选择性相结合,能够准确鉴定和定量水中痕量的有机污染物,如农药残留、多环芳烃等。

#### 1.3 电化学分析仪器

电化学分析仪器利用物质在溶液中的电化学性质进行分析。常见的有电位分析法、伏安分析法和电导分析法等。电位分析法通过测量电极电位与溶液中离子活度的关系来测定离子浓度,例如,pH计就是基于此原理测定溶液的酸碱度。伏安分析法是在一定电位下,通过测量电流与电位的关系来分析物质,可

用于检测水中的重金属离子、有机污染物等。电导分析法通过测量溶液的电导率来间接测定水中离子的总浓度,适用于快速检测水中离子含量的变化。

## 2 化学检测技术在水质检测中的优势

### 2.1 提升水质检测精确性

化学检测技术依托于精密的分析原理与先进的仪器设备,极大地提升了水质检测的精确性。以原子吸收光谱法为例,其基于原子对特定波长光的吸收特性,光源发射出特征谱线,当待测元素的基态原子蒸汽对该谱线产生吸收时,通过检测吸光度,并依据朗伯-比尔定律建立的线性关系,可精准测定水中目标金属元素的含量。这种方法对于多数金属元素的检测限能低至 $\mu\text{g/L}$ 甚至 $\text{ng/L}$ 级别,如检测水中铅离子,可精确到痕量水平,有效避免因含量过低而导致的漏检<sup>[2]</sup>。在质谱分析中,高分辨率质谱仪能够精确测定离子的质荷比,误差可控制在极小范围,能够清晰区分结构相似的化合物,为复杂有机污染物的定性定量分析提供了可靠手段,使得水质检测结果的准确性大幅提升,为水质评估提供坚实的数据基础。

### 2.2 提升水质检测高效性

现代化学检测技术借助高度自动化的仪器系统,显著缩短了检测周期,极大地提升了水质检测的高效性。离子色谱仪配备了自动进样器与高效分离柱,一次进样可在十几分钟内完成对多种阴离子或阳离子的分离与测定。例如在检测工业废水中常见的氯离子、硫酸根离子、硝酸根离子等多种阴离子时,传统方法需分别进行滴定等操作,耗时较长,而离子色谱法可快速实现多组分同时检测。气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)同样具备高效分析能力,气相色谱的快速分离与质谱的灵敏检测相结合,能够在一小时内完成对数十种挥发性有机污染物的定性定量分析,适用于大规模水质监测任务,如对城市供水水源地多个点位的水样进行批量检测,可快速获取检测结果,及时掌握水质状况,满足快速决策的需求。

### 2.3 提升水质检测适应性

化学检测技术具备广泛的适应性,能够应对不同类型水样与复杂污染物的检测需求。从水样类型来看,无论是清澈的地表水、成分复杂的地下水,还是富含各类杂质的工业废水以及对安全性要求极高的饮用水,都有相应适配的化学检测方法<sup>[3]</sup>。此外,化学检测技术还能根据污染物浓度范围灵活调整检测参数。对于高浓度污染物,可通过稀释样品、选择合适的检测量程来确保检测准确性;对于痕量污染物,则可采用预浓缩、高灵敏度检测模式等手段进行有效检测,从而在各种水质检测场景中都能发挥重要作用。

## 3 化学检测技术在水质检测中的应用

### 3.1 离子色谱法的应用

离子色谱法在水质检测中扮演着关键角色,能够精准测定水中多种阴离子与阳离子。在阴离子检测方面,如氟离子、氯离子、硫酸根离子、硝酸根离子等,其分离效率极高。在实际检测过程中,技术人员采集水样后进行必要的预处理,如过滤去除悬

浮物等杂质。将预处理后的水样注入离子色谱仪,流动相(通常为淋洗液,如碳酸盐-碳酸氢盐溶液用于阴离子分析,稀酸溶液用于阳离子分析)携带水样通过分离柱。在分离柱中,不同离子由于与固定相之间的相互作用差异而实现分离,随后依次进入检测器(常见为电导检测器)进行检测,根据色谱峰的保留时间定性,峰面积或峰高定量。水样预处理过程要避免引入新的离子污染,确保过滤装置的洁净。淋洗液需现用现配,进行脱气处理,防止气泡进入系统影响检测。定期对分离柱进行维护和再生,以保证其分离性能。同时,要注意抑制器(若有)的工作状态,确保其正常运行以提高检测灵敏度。以饮用水检测为例,通过离子色谱法对水中氯离子进行测定,可有效判断原水是否受海水入侵或工业废水污染影响<sup>[4]</sup>。若氯离子含量超出正常范围,可能预示着水源水质恶化,威胁饮用水安全。在阳离子检测中,像钠离子、钾离子、钙离子、镁离子等,离子色谱法同样表现出色。在工业循环冷却水检测中,测定钙离子、镁离子浓度,有助于评估水质硬度,防止因结垢导致设备运行故障。离子色谱法凭借分析速度快、灵敏度好的优势,可同时检测多种离子,极大提高检测效率,为水质状况评估提供全面数据支持。

### 3.2 气相色谱法的应用

气相色谱法主要聚焦于水中挥发性有机污染物检测。水样采集后,对于挥发性有机物含量较低的水样,常采用顶空进样或固相微萃取等前处理方法进行富集。将处理后的样品注入气相色谱仪,载气(一般为氮气、氦气)携带样品蒸汽通过色谱柱(如毛细管柱,固定相根据检测目标物选择,如检测苯系物常用聚二甲基硅氧烷固定相)。在柱内,不同挥发性有机物依据沸点、极性等差异实现分离,随后进入检测器。对于常见的挥发性芳烃,使用火焰离子化检测器(GC-FID);对于含氯挥发性有机物,采用电子捕获检测器(ECD),根据保留时间定性,峰面积定量。毛细管柱内径一般在 $0.2\text{--}0.53\text{mm}$ ,膜厚 $0.1\text{--}1.0\mu\text{m}$ ,柱长 $15\text{--}60\text{m}$ 。载气流速通常在 $1\text{--}5\text{mL/min}$ ,对于FID检测器,氢气流量一般为 $30\text{--}40\text{mL/min}$ ,空气流量为 $300\text{--}400\text{mL/min}$ ;ECD检测器的尾吹气(氮气)流量一般为 $25\text{--}30\text{mL/min}$ 。进样口温度需根据目标物沸点设置,一般比最高沸点目标物高 $20\text{--}50\text{C}$ <sup>[5]</sup>。前处理过程要严格控制条件,如顶空进样的平衡温度和时间,确保富集效果的一致性。色谱柱使用温度不能超过其最高耐受温度,防止固定相流失。检测器需定期清洗和维护,FID要防止积碳,ECD要避免被污染。同时,要注意样品中可能存在的干扰物质,必要时进行进一步净化处理。具体来看,苯、甲苯、二甲苯这类常见的挥发性芳烃,以及氯仿、四氯化碳等卤代烃,对人体健康危害极大。在地表水检测中,气相色谱法可精准测定水中苯系物含量。例如,某化工园区周边地表水,利用气相色谱-火焰离子化检测器(GC-FID)检测,若检测出苯含量超标,表明该区域地表水可能受到化工生产过程中废气排放或废水泄漏污染,需及时采取治理措施。在污水处理厂出水检测环节,气相色谱法可监测处理后水中残留挥发性有机污染物是否达标。对于含氯挥发性有机物,电子捕获检测器

(ECD)能显著提高检测灵敏度,确保检测结果准确可靠,助力污水处理厂优化处理工艺,保障出水水质安全。

### 3.3 质谱法的应用

质谱法与色谱法联用技术在水质检测领域贡献卓越,尤其擅长检测水中痕量有机污染物。实际检测环节,技术人员对水样进行合理处置,富集目标有机污染物后,注入气相色谱仪进行分离。分离后的各组分依次进入质谱仪离子源,在离子源中被离子化,生成的离子经质量分析器,按质荷比( $m/z$ )分离,最后由检测器检测。通过与标准质谱库比对进行定性,外标法或内标法进行定量。GC部分参数与气相色谱法类似。质谱仪方面,离子源温度一般在200-300℃,EI源电子能量为70eV。质量分析仪扫描范围根据目标物确定,如检测农药残留,扫描范围可能在50-500 $m/z$ 。采集频率一般为每秒数次到数十次。前处理过程要保证目标物的回收率,避免损失。质谱仪需定期校准,确保质量数据的准确性。样品中不能含有高浓度的盐类等杂质,以免污染离子源和质量分析器。同时,要注意质谱库的更新和维护,以提高定性的准确性。在农产品种植区域,大量农药使用易导致地表水受农药残留污染。气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)可同时检测多种农药残留,如在某蔬菜种植区地表水检测中,通过优化色谱条件,成功检测出甲胺磷、毒死蜱等多种农药残留,准确评估农药对水体污染程度,为农业生产中科学用药及水源保护提供依据。液相色谱-质谱联用仪(LC-MS)则在检测内分泌干扰物方面表现突出。

### 3.4 紫外可见光谱法的应用

紫外可见光谱法在水质检测中应用广泛,对于含有共轭双键或芳香结构的有机物,如腐殖质、酚类化合物等,该方法能有效检测。在饮用水处理中,采集的水样若有浑浊等情况,需先进行过滤等预处理。将处理后的水样放入比色皿中,置于紫外可见分光光度计样品池中。选择合适的波长范围(根据检测目标物确定,如检测腐殖质一般在250-400nm,检测酚类与显色剂反应产物在特定波长,如4-氨基安替比林法测酚在510nm)进行扫描,记录吸光度值,根据标准曲线法或比色法进行定量。通过监测水中腐殖质在特定波长下吸光度变化,可评估水处理工艺对有机物去除效果。若处理后水样吸光度明显降低,表明工艺对腐殖质去

除良好,提升了饮用水水质。分光光度计的波长精度一般要求在 $\pm 1-2\text{nm}$ ,吸光度准确性在 $\pm 0.002-0.005\text{Abs}$ 。比色皿的光程一般为1cm或2cm,根据样品浓度选择。标准曲线的线性相关系数应大于0.995。在工业废水处理方面,针对含酚类化合物废水,利用紫外可见光谱法,结合特定显色剂,可准确测定酚类物质浓度。同时,该方法操作简便、快速,适用于现场快速检测与水质在线监测,能及时反馈水质变化情况。比色皿要保持洁净,避免残留杂质影响吸光度。每次测量前需用空白样品校正仪器。水样中若存在其他有吸收的干扰物质,需进行分离或掩蔽处理。同时,要注意标准曲线的有效期,定期重新绘制。

## 4 结语

化学检测技术在水质检测中具有不可替代的重要地位。通过对光谱分析仪器、质谱仪器、电化学分析仪器等主要设备及其原理的深入理解,以及对离子色谱法、气相色谱法、质谱法、紫外可见光谱法等多种化学检测技术优势和应用的详细研究,我们可以看到化学检测技术能够为水质检测提供精确、高效、适应性强的解决方案。

### [参考文献]

- [1]梁晓帅.化学检测技术在水质检测中的应用研究[J].石油石化物资采购,2024(12):79-81.
- [2]梁珏.化学检测技术在水质检测中的应用[J].化纤与纺织技术,2023(11):45-47.
- [3]闫晓苗.荧光检测技术在水质检测中的实践探索[J].山西化工,2024(1):118-119.
- [4]关兴文.重金属检测技术在水质检测分析中的应用[J].山西化工,2023(2):51-53.
- [5]王皓雪.重金属检测技术在水质分析中的应用[J].中国金属通报,2023(4):200-202.

### 作者简介:

胡广森(1993--),男,汉族,河北沧州人,现就职于:河北省廊坊水文勘测研究中心,助理工程师,本科,研究方向:离子色谱、水质常规检测。