

实验室水质 pH 检测结果的误差来源及处理

南海涛, 弓鹏飞*, 熊滢

(西安市排水管理中心, 西安 710000)

摘要:目的 本文作者探究实验室水质 pH 检测中误差产生的原因, 并制定有效措施以降低误差, 提升检测结果的可靠性, 为水质相关工作提供精准数据支持。**方法** 从仪器、样品、实验环境以及操作流程等方面分析影响水质 pH 检测结果的因素, 针对性地采取定期校准仪器、维护电极、保证样品均匀稳定、调控实验环境以及规范操作流程等措施。**结果** 通过实施上述一系列措施, 有效降低了水质 pH 检测过程中的误差, 提升了检测结果的准确性和可靠性。**结论** 在实验室水质 pH 检测中, 综合考虑各方面影响因素并实施相应处理措施, 对提高检测结果质量、为水质相关工作提供精准数据保障具有重要意义, 值得在实际工作中推广应用。

关键词: 水质 pH; 检测结果; 误差来源

0 引言

在水质分析领域, pH 值作为一项关键指标, 能够直观反映水体的酸碱性和对评估水质状况、探究水体化学特性以及判断水生生态系统的健康程度起着至关重要的作用。精确测定水质 pH 值不仅是水质监测的基础要求, 更是众多环境科学研究、工业生产过程控制以及饮用水安全保障等工作的关键环节^[1]。

在环境科学研究中, 水体的 pH 值会影响水中生物的生存与繁衍。例如, 许多水生生物对 pH 值的变化极为敏感, 适宜生存的 pH 值范围相对狭窄。一旦水体 pH 值偏离正常范围, 可能导致水生生物的生理机能紊乱, 甚至造成物种灭绝, 进而破坏整个水生生态系统的平衡。在工业生产过程中, 准确控制水质 pH 值对于保证产品质量、提高生产效率以及减少设备腐蚀至关重要。对于饮用水安全保障而言, pH 值直接关系到人体健康。世界卫生组织(WHO)规定饮用水的 pH 值应在 6.5~8.5, 超出这个范围的饮用水可能会对人体的消化系统、神经系统等造成损害^[2-4]。

本文针对实验室水质 pH 检测结果易受多种因素影响产生误差这一现状, 通过系统分析实验操作、仪器设备、样品特性等多方面的误差来源, 建立了一套全面且具有针对性的误差处理措施, 检测并验证了这些措施在提高水质 pH 检测准确性方面的实际效果, 为提升水质分析的准确性和科学性, 助力环境监测部门做出合理的污染治理等相

关决策提供了可靠参考与有力支持^[5-6]。

1 材料与方法

1.1 实验材料

水样: 采集自不同水源, 包括地表水(河流、湖泊)、地下水以及经过处理的工业废水和生活饮用水等, 以确保涵盖不同水质类型。

仪器设备: 选用高精度的 pH 计(ST5000), 配备玻璃电极和参比电极。同时准备标准缓冲溶液(500 mL, 三乙胺缓冲液, 货号 BH-6450, 上海博湖生物科技有限公司), pH 值分别为 4.00、6.86 和 9.18, 用于校准 pH 计^[7-9]。此外, 还准备了磁力搅拌器(JBZ-16 型磁力搅拌器, 山东良辰仪器设备有限公司)、温度计(ETS-D5 电子温度计, IKA)、移液器(precipette™ 单道可调移液器, 广州国睿科学仪器有限公司)等辅助实验仪器。

1.2 实验方法

样品采集与保存: 使用经严格清洗和烘干的玻璃或塑料容器采集水样, 确保容器无污染。采集后, 水样若不能立即测定, 应保存在低温、避光环境中, 并在规定时间内完成检测。对于需要长途运输的水样, 采取适当的保护措施, 防止水样受到震动、温度变化等因素影响^[10]。

pH 计校准: 在每次测量前, 将 pH 计接通电源预热 30 分钟以上, 使其达到稳定工作状态。然后, 依次用 pH

第一作者: 南海涛, 技术人员, 研究方向为水质检测、危化品管理。

* 通信作者: 弓鹏飞, 技术人员, 研究方向为水质检测、水质监测、实验室安全管理。E-mail: 416636881@qq.com

值为 4.00、6.86 和 9.18 的标准缓冲溶液对 pH 计进行校准。将电极浸入缓冲溶液中, 轻轻搅拌, 待读数稳定后进行校准操作, 确保 pH 计的准确性。

pH 值测量: 将水样倒入干净的烧杯中, 放置在磁力搅拌器上, 开启搅拌, 使水样均匀混合。将校准后的 pH 计电极缓慢浸入水样中, 避免电极接触烧杯壁和底部。待 pH 计读数稳定后, 记录 pH 值。每个水样重复测量 3 次, 取平均值作为测量结果。同时, 使用温度计测量水样温度, 并记录相关数据。

表 1 精密度测试数据汇总

| 样品名称 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 地表水 | 8.30 | 8.31 | 8.30 | 8.34 | 8.41 | 8.44 | 8.40 |
| 生活污水 | 7.77 | 7.76 | 7.78 | 7.80 | 7.81 | 7.84 | 7.83 |
| 工业废水 | 8.08 | 8.09 | 8.08 | 8.2 | 8.34 | 8.33 | 8.35 |

电极性能: 随着电极使用次数的增加, 其响应时间逐渐延长, 测量结果的偏差也逐渐增大。当电极使用超过一定次数(约 500 次)后, 测量结果与标准值的偏差明显增大。对老化电极进行更换后, 测量结果的准确性得到显著改善。同时, 参比电极内电解质溶液的状态对测量结果也有重要影响。当电解质溶液出现泄漏或干涸时, pH 计读数出现波动且不准确。

表 2 准确度测试数据

| 样品编号 | 酸性 | 中性 | 碱性 |
|------|------|------|------|
| 1 | 4.11 | 7.38 | 9.10 |
| 2 | 4.10 | 7.38 | 9.11 |
| 3 | 4.10 | 7.38 | 9.11 |
| 4 | 4.15 | 7.38 | 9.11 |
| 5 | 4.18 | 7.38 | 9.10 |
| 6 | 4.14 | 7.36 | 9.11 |
| 7 | 4.14 | 7.36 | 9.11 |

样品化学组成: 在含有高浓度金属离子(如铁离子)的水样中, pH 测量结果与实际值相比出现明显偏差。通过添加掩蔽剂去除金属离子干扰后, 测量结果更接近真实值。对于含有氧化还原物质的水样, 其氧化还原状态的变化也会导致 pH 测量结果不稳定。这表明样品中的化学组成是影响 pH 检测结果的重要因素。

样品温度: 通过改变水样温度进行 pH 值测量, 发现温度每升高 1℃, 酸性水样的 pH 值大约下降 0.02, 碱性水样的 pH 值大约升高 0.02。这充分说明温度对 pH 检测结果的影响显著, 在测量过程中必须进行温度补偿。

2.3 实验环境对检测结果的影响

温度和湿度: 在不同温度和湿度条件下进行 pH 值测量, 结果显示当环境温度偏离 25℃ 较大时, pH 计的测量结果出现偏差。环境湿度较高时, pH 计的电子元件受

2 结果与分析

2.1 仪器设备对检测结果的影响

pH 计精度与校准: 通过对不同精度等级的 pH 计进行对比实验, 发现高精度 pH 计(精度为 ± 0.01)的测量结果相对更稳定, 且与实际值偏差较小。而使用未校准或校准不准确的 pH 计, 测量结果出现了较大误差。这表明准确校准 pH 计是保证测量准确性的关键步骤。相关数据如表 1 所示。

2.2 样品特性对检测结果的影响

样品均匀性: 对含有沉淀或悬浮物的水样, 在搅拌均匀前后分别进行 pH 值测量, 结果显示搅拌均匀后的测量值更具代表性, 而未搅拌均匀时, 不同部位水样的 pH 值差异较大, 一般波动范围可达 ± 0.3 。这说明样品的均匀性对 pH 测量结果的准确性至关重要。结果如表 2 所示。

潮, 导致测量结果不稳定, 出现读数波动的情况。

电磁干扰: 将 pH 计放置在靠近大型电机的位置进行测量, 发现测量结果出现明显波动, 无法准确读取 pH 值。而将 pH 计远离电磁干扰源后, 测量结果恢复稳定。这表明电磁干扰对 pH 检测结果具有严重的影响。

2.4 操作方法对检测结果的影响

测量顺序和时间间隔: 在连续测量多个样品时, 若不及时清洗电极, 随着测量次数的增加, 测量结果逐渐偏离真实值。相邻样品测量时间间隔过短, 电极未达到平衡状态, 也会导致测量结果不准确。合理控制测量顺序和时间间隔, 每次测量后及时清洗电极, 测量结果的准确性得到有效保障。

2.4 操作方法对检测结果的影响

电极的清洗和保存: 采用不同清洗方法对电极进行处理后, 发现使用专用电极清洗液清洗的电极, 在后续测量

中结果更准确。而将电极长时间暴露在空气中或浸泡在蒸馏水中, 电极性能下降, 测量结果出现偏差。正确的电极清洗和保存方法对于保证测量准确性至关重要。检测流程如图 1 所示。

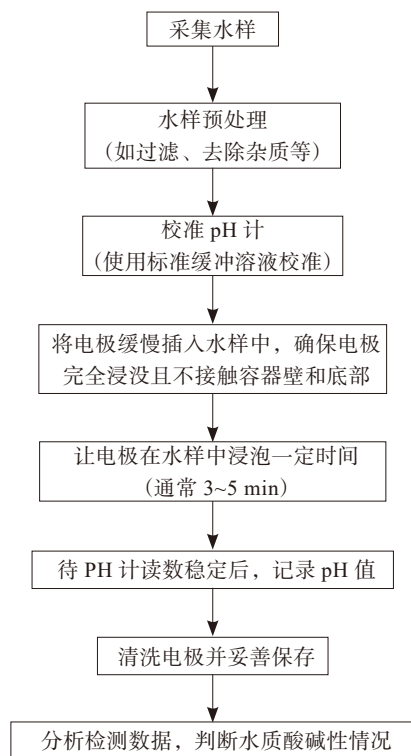


图 1 检测流程图

3 结论与讨论

本研究围绕实验室水质 pH 检测结果误差来源及相应解决措施展开。通过系统实验分析, 确定误差主要源于仪器设备、样品特性、实验环境以及操作方法四个方面。针对各方面问题提出了具体应对策略, 如仪器设备方面, 要定期检查电极外观与性能并按需清洗, 选用高精度且可靠的 pH 计并核对校准情况; 样品方面, 用专用且处理合格的容器采集水样, 做好采集前后的相关处理以保证水样质量; 实验环境方面, 将 pH 计放置在电磁干扰小的区域, 调控实验室湿度至 40%~60%; 操作方法方面, 规范电极插入水样的方式以及浸泡、读数等操作流程。经过实施上述一系列针对性措施, 在实际的实验室水质 pH 检测过程中, 有效减少了因各方面因素导致的误差情况, 使得检测结果的准确性和可靠性得到显著提升。例如, 在对多组水样进行 pH 检测对比实验时, 对照组水样检测结果的相对标准偏差较小, 这充分体现了所采取措施对于稳定检测结果、降低误差的有效性。通过精准检测水质 pH 值, 能为

环境监测、水处理等相关水质工作提供更为准确可靠的数据支撑, 避免因 pH 检测误差而对水体质量做出错误判断, 进而影响后续的治理决策等工作, 在保障水质相关工作科学合理开展方面取得了切实的成果。

尽管目前在降低实验室水质 pH 检测误差方面取得了一定成绩, 但仍有进一步探索的空间。一方面, 新型检测技术和仪器设备不断涌现, 如基于光学原理的 pH 传感器、微流控芯片技术等, 它们具备响应速度快、精度高、体积小等诸多优势, 若能攻克其在实际应用中面临的技术难题, 如传感器的稳定性不足、芯片制造工艺有待完善等问题, 将其成功应用于水质 pH 检测领域, 将有望进一步提高检测的准确性和效率。另一方面, 在实际水质监测工作中, 实验人员的操作技能和误差控制意识对检测结果的可靠性起着关键作用, 后续应着重加强对实验人员的专业培训, 通过开展系统培训课程、定期考核等方式, 提升人员的综合素质, 确保他们能熟练运用各类检测方法及仪器设备, 严格遵循操作规范, 从人为操作层面持续保障检测结果的高质量, 推动水质 pH 检测工作不断向更精准、高效的方向发展。

参考文献

- [1] 龙崇燕, 杨胜佳, 龙施铭. 水质检测实验室的智能化适用技术及其应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(13): 196-198.
- [2] 王艳瑶. 第三方环境检测实验室中水质总氮实验问题及解决方案[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(19): 160-162.
- [3] 岳曼, 柳玉连, 程润. 水的 pH 值盲样检测方法及其影响因素浅析[J]. 广州化工, 2022, 50(15): 146-148.
- [4] 孙振红, 马健, 王莉. 水中 pH 值测定的方法验证及影响因素分析[J]. 江西化工, 2022, 38(4): 16-18.
- [5] 王海云. 水环境检测质量控制的措施分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(2): 49-51.
- [6] 崔广伟. 无人水质智能分析系统的设计与应用[J]. 石油化工自动化, 2024, 60(5): 80-83.
- [7] 郑海峰. 基于聚类算法的城市供排水水质检测系统[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(5): 62-66.
- [8] 左现刚, 张志霞, 王梦, 等. 基于证据理论的多传感器数据融合水质检测研究[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2024, 52(2): 56-64.
- [9] 饶婷瑛, 柴文畅, 徐晓萍. 一种酸碱指示剂测定水样 pH 值范围的方法应用[J]. 广船科技, 2024, 44(1): 79-81.
- [10] 杨胜佳, 龙崇燕, 龙施铭. 环境监测实验室水质检测的质量控制分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(11): 28-30.