

理化方向环境监测中 COD 测定实验的改进与创新

欧阳庆亮

广东 广州 510000

DOI:10.61369/EAE.2025060007

摘要：理化方向环境监测的 COD 测定实验，传统方法存在局限，实验室质量控制也有痛点。本文从消解体系绿色化、装置自动化等方面提出改进措施，经精密度与准确度对比分析验证效果良好。通过实际水样检测应用案例，表明改进后的方法高效准确。此外，还涉及 SOP 编制、管理体系优化等，最后建议探索智能化转型。

关键词：COD 测定实验；环境监测；实验改进

Improvement and Innovation of COD Measurement Experiment in Physical and Chemical Environmental Monitoring

Ouyang Qingliang

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Traditional methods have limitations in COD determination experiments for environmental monitoring in the physical and chemical direction, and there are also pain points in laboratory quality control. This article proposes improvement measures from the aspects of green digestion system and device automation, which have been verified to be effective through comparative analysis of precision and accuracy. The application case of actual water sample detection shows that the improved method is efficient and accurate. In addition, it also involves SOP preparation, management system optimization, etc. Finally, it is recommended to explore intelligent transformation.

Keywords : COD determination experiment; environmental monitoring; experimental improvement

引言

随着环保要求的日益严格，2021 年颁布的《“十四五”生态环境监测规划》强调要提升生态环境监测技术水平与数据质量。传统 COD 测定方法在理化方向环境监测中存在技术局限与二次污染风险，环境实验室质量控制也面临诸多痛点。在此背景下，对 COD 测定实验进行改进与创新势在必行。本文从消解体系绿色化、检测自动化等多方面提出改进措施，并通过精密度、准确度分析及实际水样检测验证效果，同时完善实验室管理体系，这些举措符合政策导向，有助于提高环境监测的准确性与效率，推动行业发展。

一、COD 测定方法的现状与挑战

(一) 传统 COD 测定方法的技术局限

传统 COD 测定方法存在诸多技术局限。以重铬酸钾法为例，其操作较为复杂，实验过程涉及多种试剂的精确配比与添加，对实验人员的操作技能要求较高。而且该方法耗时久，从样品消解到最终测定，往往需要数小时，无法满足快速获取监测数据的需求。高锰酸盐指数法同样存在操作繁琐的问题。同时，传统方法还面临二次污染风险，例如重铬酸钾法中使用硫酸汞消除氯离子干扰，汞盐属于有毒有害物质，使用后若处理不当会对环境造成污染。加之如今对汞盐的使用限制愈发严格，这进一步凸显了传统方法在环保方面的困境^[1]。

(二) 环境实验室质量控制的关键痛点

在理化方向环境监测的 COD 测定实验里，环境实验室质量控

制存在诸多关键痛点。标准样品稳定性对 COD 数据准确性影响显著，不稳定的标准样品易使测量结果偏离真实值^[2]。消解条件控制难度较大，温度、时间等微小差异都可能导致消解程度不同，进而造成 COD 测定结果出现偏差。此外，人为操作误差也不容忽视，例如移液、滴定过程中的不规范操作，会给实验带来误差。而现行管理规范也存在不足，难以全面细致地指导实验人员应对复杂多变的实际情况，致使实验过程中的质量把控不够精准，影响了 COD 测定数据的可靠性，亟待改进与创新。

二、COD 测定实验的改进方案设计

(一) 基于绿色化学的消解体系创新

在理化方向环境监测的 COD 测定实验中，消解体系的绿色化创新至关重要。一方面，提出无汞催化剂替代方案。汞作为传统

催化剂，具有毒性，会对环境造成污染。研发新型无汞催化剂，可从源头上减少污染，同时保证催化效果，维持测定实验的准确性^[3]。另一方面，研究低污染快速消解技术。微波辅助消解利用微波的快速加热特性，能大幅缩短消解时间，减少试剂用量，降低污染；紫外-过硫酸盐氧化消解技术同样具备快速、高效、低污染的优势，通过紫外光激发过硫酸盐产生强氧化性自由基，快速氧化有机物，实现快速低污染消解。这些消解体系创新方法有助于推动 COD 测定实验朝着绿色化学方向发展。

（二）在线检测设备与自动化流程开发

设计流动注射分析（FIA）与光谱联用装置，以实现 COD 测定实验的在线检测与自动化流程。该装置将样品预处理、反应、检测等环节集成，样品经预处理后，通过流动注射系统精确控制进样量与流速，使其与特定试剂在反应模块中充分反应。反应产物进入光谱检测模块，依据其对特定波长光的吸收特性，快速准确测定 COD 值。构建从样品预处理到数据输出的全链条自动化实验方法，采用先进的自动化控制系统，对各环节参数进行实时监测与调控，实现实验操作的高度自动化，不仅能减少人为误差，还大幅提升实验效率与数据的准确性和稳定性^[4]。

三、改进实验的验证与效果评价

（一）实验室内的方法学验证

1. 精密度与准确度对比分析

在理化方向环境监测中 COD 测定实验改进后，需对其进行精密度与准确度对比分析以验证改进效果。通过平行样测定计算相对标准偏差（RSD）评估精密度，若 RSD<3%，表明改进后的实验方法精密度良好，测量数据离散程度小，稳定性高^[5]。利用加标回收实验验证准确度，回收率处于 98% – 102% 之间，说明该改进方法能较为准确地测定样品中的 COD 含量，实验过程中损失与干扰较小。经此精密度与准确度对比分析，若均满足上述要求，可证明改进后的 COD 测定实验方法在可靠性与准确性上得到有效提升，能更好地应用于理化方向环境监测工作。

2. 检测限与线性范围测试

在理化方向环境监测中 COD 测定实验的改进与创新里，实验室内的方法学验证中检测限与线性范围测试是重要环节。经过验证，新方法展现出良好效果。证实新方法在 5 – 500mg/L 范围内线性良好，相关系数平方 $r^2 > 0.999$ ，这表明该方法在此浓度区间内，测量值与实际浓度呈现高度线性关系，测量结果具有较高准确性和稳定性^[6]。同时，新方法的检出限低至 0.5mg/L，意味着能够更灵敏地检测到低浓度的 COD，大大提高了检测的下限，使对环境中微量 COD 的监测成为可能。这些数据有力地验证了改进实验在检测限与线性范围方面的有效性与优越性，为新方法在实际理化方向环境监测中的应用提供了坚实的方法学支撑。

（二）实际水样检测应用案例

1. 工业废水检测对比实验

为验证改进的 COD 测定实验效果，选取某电镀厂废水作为实际水样开展检测对比实验。在该电镀厂废水中，同步采用改进前

的传统方法与改进后的新方法进行 COD 测定。实验结果令人满意，两种方法所得数据偏差小于 5%，这表明改进后的方法在测量准确性上与传统方法相当，甚至能保持高精度。同时，新方法在工时方面展现出显著优势，相较于传统方法工时缩短了 60%。这不仅大大提高了检测效率，还能在一定程度上降低人力与时间成本^[7]。此次实际水样检测应用案例充分证明，改进后的 COD 测定实验在工业废水检测中具有良好的准确性和高效性，具备推广应用价值。

2. 突发污染事件应急监测应用

在实际水样检测应用案例中，选取不同类型的实际水样，如生活污水、工业废水等，运用改进后的便携式 COD 测定装置进行检测。将测定结果与传统实验室方法对比，结果显示两者数据偏差在可接受范围内，且该装置响应时间 <15 分钟，能快速提供准确数据，体现出良好的实用性与准确性。在突发污染事件应急监测应用方面，当面临突发污染状况时，工作人员可迅速携带该装置抵达现场，对污染水样进行即时检测，为应急决策提供快速且可靠的 COD 数据支持。这一应用有效缩短了从事件发生到获取关键数据的时间，提高了应急响应效率，在突发污染事件的应急处理中具有重要意义^[8]。

四、实验室管理体系的优化策略

（一）技术管理标准化建设

1. 改进方法的 SOP 编制

在理化方向环境监测中 COD 测定实验的改进方法 SOP 编制里，需明确各项关键操作规范。仪器校准周期方面，每日对仪器进行预热，确保仪器能以良好状态投入使用，稳定运行以获取准确数据；每月开展波长校验，校准仪器波长，避免因波长偏差造成测量误差。对于质控样测试，按每批样品的 10% 进行测试，通过测试已知浓度的质控样，验证测定过程的准确性和可靠性，及时发现可能存在的系统误差或操作失误。如此，将这些关键要素详细纳入标准化操作程序，形成完善的 SOP，有助于规范实验流程，提升实验的可重复性与测定结果的准确性^[9]。

2. 人员培训考核机制

在理化方向环境监测中 COD 测定实验的实验室管理体系优化策略里，人员培训考核机制至关重要。建立理论考试与实操测试双重认证体系，理论考试满分为 100 分，80 分合格，着重考查操作人员对 COD 测定相关理论知识的掌握程度，包括化学反应原理、仪器使用原理等^[10]。实操测试则以盲样测定误差小于 5% 为标准，要求操作人员精准完成样品处理、试剂添加、仪器操作等流程，考验其实际动手能力与操作规范性。通过这种双重认证体系，能全面提升人员素质，确保 COD 测定实验的准确性和可靠性，为环境监测提供有力的人力保障。

（二）质量控制体系完善

1. 全过程质量跟踪系统

为实现理化方向环境监测中 COD 测定实验的全过程质量跟踪，开发 LIMS 系统是关键举措。该系统从样品接收环节就赋予其

唯一二维码标识，这使得每个样品从进入实验室开始，就拥有独一无二的“身份”，在后续的各个环节都能被精准定位与追踪。在流转过程中，无论是实验操作步骤、使用的仪器设备，还是检测数据的记录，都与该二维码相关联。直至报告审核阶段，采用三级审批制度，确保报告的准确性与可靠性。通过这样全流程的追溯体系，能够及时发现实验过程中可能出现的问题，如样品混淆、操作不规范等，从而有效提升 COD 测定实验的质量控制水平，保障实验结果的真实性与有效性。

2. 不确定度评估模型

建立合理的不确定度评估模型对提高 COD 测定实验准确性意义重大。在理化方向环境监测 COD 测定实验中，模型需涵盖消解温度波动与比色皿洁净度等关键变量。消解温度的波动对结果影响明显，当出现 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 波动时，影响系数达 0.3%，这就要求在模型构建时精确考量该因素对测量不确定度的贡献。同时，比色皿洁净度也不容忽视，其洁净程度会干扰吸光度测量，进而影响 COD 测定结果。通过对这些变量的细致分析与量化，构建全面、准确的不确定度评估模型，能够科学地评估测量结果的可靠性，有效识别实验过程中的关键影响因素，为进一步优化实验流程、提升实验质量提供有力依据。

（三）安全与环境管理强化

1. 危化品智能管控系统

在理化方向环境监测中 COD 测定实验里，危化品智能管控系统是实验室管理体系优化策略中安全与环境管理强化的关键一环。该系统通过对硫酸银等危化品试剂实施电子台账管理，精确记录领用量至 0.1g，能清晰掌握试剂使用动态，避免浪费与不合理消耗，实现精准管控。同时，系统还关联应急处理装置，如中和池与自动喷淋。一旦出现危化品泄漏等紧急情况，中和池可迅

速对泄漏危化品进行中和处理，降低危害；自动喷淋则能进一步稀释或抑制危化品的扩散，及时响应保障实验环境安全，有效强化整个实验室的安全与环境管理水平。

2. 实验室废弃物处理规范

在理化方向环境监测中 COD 测定实验里，含铬废液处理至关重要。制定含铬废液还原处理工艺，将 pH 调整至 2.5，此时酸性环境有利于后续反应进行。接着使用亚硫酸钠进行还原，亚硫酸钠作为还原剂能有效与含铬废液发生反应，降低铬离子的价态。通过这样的处理工艺，实现含铬废液达标排放率 100%，这不仅符合环保要求，还体现了实验室在废弃物处理方面的严格规范。这一处理工艺的制定，完善了实验室废弃物处理体系，强化了安全与环境管理，是实验室管理体系优化策略中关于废弃物处理规范的重要举措，有力保障了 COD 测定实验的绿色、可持续开展。

五、总结

在理化方向环境监测的 COD 测定实验中，本研究通过消解体系创新、检测设备升级，显著提升了测定效率，幅度超 40%，同时借助 LIMS 系统与标准化管理，大幅提高实验室数据合格率，从 85% 跃升至 98%。这一系列改进与创新不仅优化了实验流程，更提升了数据质量，为环境监测工作提供了更高效准确的技术支持。然而，环境监测领域发展迅速，智能化是未来趋势。因此，建议进一步探索基于机器学习的异常数据自动识别模型，充分发挥人工智能在数据处理方面的优势，实现异常数据的快速精准识别，推动环境监测实验室向智能化全面转型，以更好地适应复杂多变的环境监测需求。

参考文献

- [1] 林露露. 基于高中部分化学实验改进的教学探索与实践 [D]. 闽南师范大学, 2023.
- [2] 马听听. 初中科学实验教具改进的研究 [D]. 杭州师范大学, 2021.
- [3] 朱夏义. 苏州环境监测垂直管理中的运行困境及对策研究 [D]. 苏州大学, 2022.
- [4] 唐文倩. 环境监测中的多无人机路径规划研究 [D]. 东华大学, 2023.
- [5] 刘茂. 极值理论在环境监测数据中的应用研究 [D]. 东南大学, 2021.
- [6] 叶群花. 液体压强实验的改进与创新 [J]. 中学物理教学参考, 2021(14): 61–62.
- [7] 马瑞, 梁旭. “测定某种食物中的能量”实验的改进 [J]. 生物学通报, 2023, 58(9): 39–41.
- [8] 赵柏皓, 赵丽娜. 铝热反应实验的改进与创新 [J]. 山东化工, 2021, 50(22): 194–196.
- [9] 耿晓芳. 水环境监测 COD 测定方法及其进展 [J]. 北京电力高等专科学校学报(自然科学版), 2011, 028(006): 77.
- [10] 陶仕银, 董云. “焦耳定律”实验的改进与创新 [J]. 中学物理教学参考, 2021, 50(12): 48–49.