

高锰酸钾法氧化还原滴定实验的课程思政设计

石慧*, 宦双燕*, 王玉枝

湖南大学化学化工学院, 长沙 410082

摘要: 以“高锰酸钾法氧化还原滴定实验”为基础, 结合水质化学耗氧量(COD)监测应用, 进行实验课程思政创新设计。案例通过引入梯度化COD水样为检测对象, 结合工业废水排放监管探索性实践, 以及研讨身边水污染治理实例等, 引导学生关注水污染防治等社会问题, 激发其保护生态环境的责任感和国家生态文明建设服务意识。

关键词: 分析化学实验; 高锰酸钾法; 课程思政; COD测定; 水环境监测

中图分类号: G64; O6

Ideological and Political Design of Potassium Permanganate Oxidation-Reduction Titration Experiment

Hui Shi*, Shuangyan Huan*, Yuzhi Wang

College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China.

Abstract: Building upon the redox titration experiment using the potassium permanganate method, this paper innovatively integrates ideological and political elements into the experimental curriculum, with a focus on monitoring chemical oxygen demand (COD) levels in water. The case employs graded COD water samples as detection object, incorporates exploratory practices from industrial wastewater supervision, and explores case studies related to water pollution control. This approach not only guides students towards a deeper understanding of critical social issues like water pollution prevention but also fosters a heightened sense of responsibility for environmental protection and awareness of their role in advancing national ecological sustainability.

Key Words: Analytical chemistry experiment; Potassium permanganate method; Curriculum ideological and political education; COD determination; Water environment monitoring

1 引言

高锰酸钾法氧化还原滴定是一个经典的化学分析实验, 以高锰酸钾作为滴定剂利用其氧化性来测定氧化性物质或还原性物质的量^[1,2]。该实验涉及的基本操作多, 对培养学生实验安全意识和操作技能、养成规范的操作习惯、树立严格的“量”的概念、形成严谨求实的科学态度具有重要的意义。

本案例采用高锰酸钾回滴定法测定实际环境水样的化学耗氧量(chemical oxygen demand, COD), 涉及环境水体采样、水质分析相关问题的预习思考, COD值的实验测定和数据分析, 国家标准查询和水体污染程度的判别, 方法研究进展和污染治理拓展思考等。通过实验可以引导学生理论联系实际, 认识水污染防治对保护水域生态环境、建设生态文明社会的重要意义, 培养学生关注国家标准制定、水环境污染与治理等社会问题, 了解分析方法的研究进展和思路创新, 激发学生保护生态环境的责任感并增强其运用所学分析化学知识服务国家生态文明建设的意识。

收稿: 2023-08-08; 录用: 2023-08-30; 网络发表: 2023-10-09

*通讯作者, Emails: huishi_2009@hnu.edu.cn (石慧); syhuan@hnu.edu.cn (宦双燕)

基金资助: 教育部首批“分析化学课程虚拟教研室”“化学实验教学改革创新虚拟教研室”“化学类专业基础理论课程虚拟教研室”建设项目

2 课程思政案例的设计与实施

2.1 案例的导入

水是生命之源，是人类赖以生存和发展必不可少的物质。然而，世界上可供人类利用的水资源仅占地球水资源的0.64%^[3]。更为严重的是，由于人类活动使大量污染物排入水体，造成水体污染、水质下降，这严重威胁人类的生产生活环境、生态安全甚至生命健康。

造成环境水污染的原因是多方面的。其中，还原性物质超标(主要是有机污染物)是水污染的重要原因^[4]。水中还原性物质能消耗水中的溶解氧，使水发黑变臭，危害水生生物的生存；有些物质中含有植物生长所需要的氮、磷、钾等营养元素(如含磷洗衣粉、化肥、饲料等)，能促使水中藻类疯长，从而消耗水中的氧气，造成水质恶化，危害鱼类的生长；水中的溶解氧耗尽后，有机物还会进行厌氧分解，产生硫化氢、硫醇等难闻气体。环境水体质量监测和污染防治是保护“绿水青山”、建设生态文明的前提。作为衡量水体污染程度的重要综合性指标之一，化学耗氧量COD值是量度水中还原性污染物的主要指标^[5,6]。将水体中能被氧化的物质在规定条件下进行化学氧化过程中所消耗氧化剂的量，换算成以O₂作为氧化剂时1 L水样所消耗O₂的质量(mg·L⁻¹)，通常记为COD。COD反映了水中受还原性物质污染的程度，其数值越大，表明水体污染越严重^[7-9]。

目前，国标中COD测定方法主要有重铬酸钾氧化法^[10]和高锰酸钾氧化法^[1,2,11]。其中，重铬酸钾因在酸性条件下氧化性极强，具有重现性好、准确度和精密度高等优点，多用于工业污水、生活污水等有机污染物成分复杂且污染程度较高的水质的COD测定。但重铬酸钾法也存在回流消解时间长、效率低、二次污染大、Cl⁻干扰大等不足，因此在大批量样品测定和应急监测方面受到限制。与之相比，高锰酸钾法虽因氧化力有限，常用于测定污染程度较轻的水样，但它具有操作简便快速、成本经济、环境友好等优势，特别适用于环境中较清洁天然水体的COD监测。高锰酸钾法又分为酸性高锰酸钾法^[1,2]和碱性高锰酸钾法^[1,11]。前者适用范围广泛，而后者主要用于检测高Cl⁻水体，如海水等样本。因此，以高锰酸钾氧化法为基础的水环境COD测定在环境水污染监测和治理效果评估等方面发挥着重要作用。

2.2 案例的研讨

(1) 列举典型环境水污染事件。

实验前安排学生了解中国水环境污染的现状、危害和成因；了解我国在环境保护领域出台的相关政策法规；列举一些典型的恶性污染事件，如河北白洋淀死鱼事件、太湖蓝藻污染事件等(图1)^[12]。通过自主学习、小组学习并结合线上线下交流等方式，引导学生强化对COD监测重要意义的认识，激发学生保护生态环境的责任心和使命感。



图1 典型的环境水污染事件

(左) 河北白洋淀死鱼事件；(右) 太湖蓝藻污染事件

(2) 调研水质COD检测方法的发展。

安排学生了解水环境污染监测指标的种类和发展历程；了解水体COD监测的具体方法、相应原理和适用范围；查询水体COD检测的相关国家标准，学习判别水体污染程度，学会利用专业理论知识针对不同水体样本选择适用方法。在充分调研基础上，引导学生对实验操作流程进行设计、梳理和深度优化。

2.3 实验的创新设计

本案例的实验流程包括高锰酸钾标准溶液的配制，高锰酸钾标准溶液的标定，待测水体样品的预处理和氧化分解，以及采用回滴定方式测定剩余草酸钠含量。实验时首先在经过预处理的水样中加入硫酸和过量的高锰酸钾溶液，于加热条件下对水样中的还原性物质进行定时、彻底的氧化分解，随后加入过量的草酸钠还原剩余的高锰酸钾，最后再用高锰酸钾标准溶液滴定过剩的草酸钠。与传统实验方案对比，本案例的创新性设计主要体现在以下方面：

(1) 多样性、层次化检测对象的引入。

引入一系列具有梯度化COD指标的水体样品，包括纯净水、自来水、岳麓山山泉水、井水、后湖水、湘江水等；水源所处地理位置可以是未污染区、低污染区或重污染区；甚至可以考虑对工业废水处理前后的COD指标进行检测对比。通过不同水体样品的选择和采集，可进一步加深学生对我国水环境污染现状及其成因的了解；通过对不同水体样品的COD检测和比对分析，可以提升学生对水体指标国家标准的理解，掌握判别水体污染程度的基本方法。

(2) 判定工业废水是否达到排放标准的拓展性思考。

酿造厂、养殖场、造纸厂以及生活废水的COD值通常较高，排放前必须处理并检测达到国家标准后方可用做中水或者排放。由于适合用于低污染程度水体的COD检测，故高锰酸钾氧化法特别适合作为判断处理后的污水是否达标的依据。如果经过处理的废水的COD数值仍然较高，则需要在稀释后进行测量。为了确保实验结果的准确性，学生需要摸索合适的水样稀释倍数，拟定预处理方案。通过这一过程，学生可以加深为环境保护和人民生命健康把关的意识，强化社会责任感和专业自豪感。

(3) 身边水环境治理案例的调研。

以学生身边的水环境治理事件为例，引导学生关注社会、关注身边事。湖南大学南校区天马学生宿舍所在的后湖片区的水域面积约585亩，曾经是长沙市岳麓区7处城市黑臭水体之一。2015年9月，政府相关部门启动了后湖片区综合整治工程，治理后，后湖水质由地表水劣V类提升至地表水III类，成为生态环境治理的典范(图2)^[13]。引导学生在后湖水域采样进行COD监测，并通过实地调研、资料查询，制作1 min小视频，展示治理前后的对比，切身体会水环境污染治理的紧迫性，思考如何避免先污染、后治理的老路。

2.4 案例的实施

2.4.1 实验准备

实验前，安排学生采集不同来源的环境水样(如岳麓山山泉水、后湖水、湘江水、井水、自来水、纯净水等)，经沉降、过滤等前处理，去除悬浮物杂质后制成试液。教师可根据教学时长灵活选择一种或多种水样进行检测；亦可安排学生进行分组实验，不同组别针对不同来源的水样进行实验；也可以因地制宜，采用工业废水进行检测。

2.4.2 实验教学安排

(1) 预习思考：学生结合中国大学MOOC平台的基础化学实验线上慕课(图3)，自主学习掌握高锰酸钾回滴定法的基本原理方法和主要操作，完成线上预习小测验。

(2) 知识拓展：学生通过资料查询，了解水质分析相关指标、COD值与水体污染、COD值检测方法、国家饮用水标准中I-V类水与COD值的关系、COD超标水体治理有哪些措施等。教师课前在学习群中给出问题清单，组织学生分组进行查询准备。在实验前提问环节，教师检查相关知识掌握情况。



图2 后湖片区水域在整治前后的水环境状况对比图



图3 平台提供的高锰酸钾法氧化还原滴定实验的课件和录像

(3) 案例讨论: 安排学生展示调研水环境治理案例制作的优秀视频, 并进行讨论, 说明如何从源头上治理水体污染, 说明分析化学在其中发挥的重要作用。

(4) 分组实验: 通过抽签, 每组同学对某一水样进行平行实验, 在完成测量后共享数据, 对异常值进行分析检验和取舍(如 Q 检验法或Grubbs法), 通过多组平行实验结果, 获得分析结果的标准偏差、置信区间。针对工业废水, 可分组进行不同稀释比下的COD测定, 并比较消除余氯对COD测量的影响。

2.5 课后拓展

学生完成实验报告, 教师对实验态度、实验结果及分析讨论等情况进行评价。

教师还可以安排学生以个人或小组作业的形式完成以下内容:

A. 根据COD值判断不同来源水样中还原性物质污染程度, 根据国家饮用水标准中I-V类水对COD值的要求, 判断各种水样分别符合哪一类饮用水标准。结合水样采集的环境, 分析可能的还原性物质种类和来源。

B. 查询COD值测定的方法, 比较其原理的异同及各自的优缺点, 说明改进的思路和方法。思考如何实现实时在线的水质COD值监测。

C. 除了COD, 水质分析常见指标还有哪些? 造成这些指标超标的主要原因是什么? 如何避免?

D. 结合实例谈谈在饮水安全方面, 分析工作者可以做什么?

E. 列举一个废水排放引发水环境严重污染类事件, 分析造成该污染的原因, 说明如何避免此类事件再次发生?

3 实施建议与效果考核

教师通过线上预习测验、实地调研、课堂提问回答、案例讨论、实验操作、实验报告、小组作业等形式, 对教学目标达成情况进行评价, 其中课程思政评价建议量表参见表1。

表1 课程思政教学目标达成度的考核设计

课程思政教学目标	考核形式(占比)	考核标准
关心国家和社会: 关心国家水环境安全、可持续发展战略和人民生命健康	课前预习(10%)及 案例研讨报告(10%)	能够说明我国水环境污染的现状、危害和成因; 说明国家相关政策法规和水体相关国家标准; 列举一些典型的COD超标污染事件
科学素养: 规范严谨的实验习惯、实事求是的科学态度、分工协作的团队精神、坚韧不拔的意志品质、勇于探索的创新精神	实验操作打分(40%)	熟练严谨的操作; 规范观察和记录实验现象和数据; 实验失败时主动重做; 能够分析和解决实验中出现的问
科学素养: 严谨诚信求实的科学态度、严格的“量”的概念、细致认真科学的数据分析能力、发现问题并诚实应对的能力和品质	实验报告(30%)	能够规范科学地处理和分析实验数据; 对异常值进行合理的分析检验和取舍; 通过平行实验数据获得分析结果的标准偏差、置信区间等
社会责任: 服务“绿水青山”生态文明建设战略、面向国家重大需求、面向人民生命健康	课后案例拓展作业(10%)	能够关注和解决身边的水质分析问题; 认识到水污染防治对保护水域生态环境、建设生态文明社会的重要意义; 关心关注国家标准制定、水环境污染与治理等社会问题

融入课程思政内容后, 学生对分析化学在水污染防治和生态文明建设中的重要意义有了更加深入的理解, 学会如何对分析方法进行比较与评价, 通过多种水体检测样品的采集、工业废水是否达标排放的拓展性思考, 以及对身边水环境治理案例进行实地调研, 进一步加深了对国家环保政策、

环保标准、水环境污染与治理的认识,进一步激发其运用所学知识服务社会的意识。

4 结语

案例以水环境污染监测为应用场景,剪作性强、拓展空间大、思政内涵丰富,将实验课程教育与高校学生思政教育相融合,有望在提高学生专业实践能力的同时,激发其爱好自然、保护生态环境的社会责任感。通过该案例教师可以加深对实验课程思政建设内涵的理解和认识,为高水平建设课程思政提供了借鉴。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5750.7-2006 生活饮用水标准检验方法有机物综合指标. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [2] 李厚金, 石建新, 邹小勇. 基础化学实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2015: 195.
- [3] 戴树桂. 环境化学. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 147.
- [4] 国家环保局. 水和废水检测分析方法. 第3版. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 354-363.
- [5] 张徐燕, 张蓉, 李乔惠, 李永生. 现代化工, **2023**, 43 (4), 237.
- [6] 黄明柱, 姚灵, 王欣欣, 林佳迪, 陈莹莹. 化学分析计量, **2023**, 32 (4), 73.
- [7] 魏琴, 盛永丽. 无机及分析化学实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2018: 138.
- [8] 邱晓航, 李一峻, 韩杰, 尚贞锋. 基础化学实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2017: 161.
- [9] 刘晓红, 李姝, 叶世海, 楼兰兰. 大学化学, **2023**, 38 (11), 148.
- [10] 黄翠红. 山东化工, **2022**, 51 (22), 148.
- [11] 张立庆, 李菊清, 俞远志. 无机及分析化学实验. 杭州: 浙江大学出版社, 2011: 131.
- [12] 中国近年来最严重的十大环境污染事件. [2023-07-24]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzI2OTE5NzZmMw==&mid=2247484508&idx=6&sn=46b94a250088a6f76cc8f5fa22b551c7&chksm=cae54d26dd92c430a0835397a18df7ff7934fabc39de8616ae718284251ed7249bfe811d81a&scene=27
- [13] 美丽河湖 | 从黑臭水体到“网红”胜地 长沙后湖的“前世今生”. [2023-07-24]. <https://www.163.com/dy/article/ERI0B3KI0514DG98.html>