

微型化学实验在高中化学教学中的实践与策略

施灵芝

杭州市长河高级中学, 浙江 杭州 310052

摘要: 微型化学实验作为一种绿色、经济、安全的实验教学形式, 逐渐成为高中化学教学改革的重要方向。本文结合新课标核心素养要求, 系统探讨了微型化学实验的设计原则、实施路径、教学策略及实践案例, 提出了“以学生为主体、以问题为导向、以素养为目标”的实践框架。通过整合实验微型化改造、项目式学习及数字化赋能等策略, 微型实验在培养学生科学探究能力、创新意识及社会责任方面展现出独特优势, 为高中化学教学的高效性与可持续性发展提供参考。

关键词: 微型化学实验; 高中化学; 核心素养; 绿色化学; 实践与策略

Practice and Strategy of Miniature Chemistry Experiment in High School Chemistry Teaching

Shi LingZhi

Hangzhou Changhe Senior High School, Hangzhou, Zhejiang 310052

Abstract: As a Green, Economic And Safe Experimental Teaching Form, Micro Chemistry Experiment Has Gradually Become An Important Direction Of High School Chemistry Teaching Reform. Combined With The Requirements Of The Core Literacy Of The New Curriculum Standard, This Paper Systematically Discusses The Design Principles, Implementation Paths, Teaching Strategies And Practice Cases Of The Micro-Chemistry Experiment, And Puts Forward The Practical Framework Of "Student-Oriented, Problem-Oriented And Literacy As The Goal". Through The Integration Of Experimental Miniaturization, Project Learning And Digital Empowerment Strategies, Micro Experiment Shows Unique Advantages In Cultivating Students' Scientific Inquiry Ability, Innovation Consciousness And Social Responsibility, Providing Reference For The Efficiency And Sustainable Development Of High School Chemistry Teaching.

Keywords: micro-chemistry experiment; high school chemistry; core literacy; green chemistry; practice and strategy

引言

当前高中化学实验教学普遍存在“三高”现象: 高消耗导致试剂年均损耗超过教学预算40%, 高风险致使80%以上学校取消高危实验, 高污染造成实验室废水处理成本持续攀升。这种不可持续的发展模式已严重制约学生实验能力的培养。《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》对微型实验的开展提出了明确的要求和指导, 强调“可采取演示实验或替代品进行实验, 鼓励实验绿色化设计, 开展微型实验”。通过微型实验培养学生的科学探究能力、创新意识和绿色化学理念。

一、微型化学实验的内涵与价值

1. 内涵界定

微型化学实验(Microscale Chemical Experiment)是指通过改进实验装置、缩减试剂用量(通常为常规实验的1/10~1/100)、简化操作流程, 在保证实验现象明显的前提下, 实现实验的“绿色化”与“低成本化”。其核心在于“减量不减质”, 通过科学设计

提升实验教学的安全性与普适性。

2. 核心价值

(1) 学科育人: 强化学生动手能力, 促进“科学探究与创新意识”素养发展。

(2) 绿色环保: 减少有毒试剂使用, 降低废弃物排放, 契合“科学态度与社会责任”培养目标。

(3) 教育公平: 低成本、易操作的特点, 适合资源薄弱地区

作者简介: 施灵芝(1981-), 女, 浙江杭州人, 汉族, 职称: 中学一级, 学历: 本科, 研究方向: 化学学科教育。

推广，助力实验教学普及。

二、微型化学实验的设计原则^[1-2]

1. 安全性优先

(1) 选择低毒、低浓度试剂（如0.01 mol/L替代1 mol/L），避免易燃易爆、强腐蚀性操作。

(2) 采用密闭装置（如注射器、微型气密瓶）控制有害气体扩散。

(3) 替代危险操作：如用碘化钾-淀粉试纸检测氯气，代替直接闻气味。

2. 现象可视性保障

(1) 通过颜色变化、气体生成、沉淀反应等直观现象强化学生感知。

(2) 改进装置放大现象：如透明点滴板观察沉淀生成，手机摄像头投影显微变化。

3. 低成本与生活化

(1) 利用日常材料替代专业仪器：如吸管作导管、药匙作微型燃烧匙、透明塑料瓶作反应容器。

(2) 试剂用量减少至常规实验的1/10~1/100，如酸碱滴定仅需1 mL溶液。

4. 操作简易性

(1) 简化步骤：合并多个反应步骤，减少仪器转换（如“点滴板+多孔滴管”实现多组平行实验）。

(2) 设计一体化装置：如微型气体发生器与检测装置整合，避免气体泄漏风险。

三、高中化学典型实验微型化实践案例及策略^[3-5]

策略1：整合教材实验，开发微型化方案

（一）常规实验改造

案例1：氯气性质实验微型化设计

1. 装置设计：

用5 mL注射器装入少量KMnO₄固体，吸入0.5 mL浓盐酸，生成Cl₂后推入微型密闭反应管。

反应管内预置湿润有色布条、铁粉、NaBr溶液等，观察颜色变化。

2. 教学应用：

学生分组操作，记录现象→分析Cl₂的氧化性、与金属/非金属反应规律。

3. 安全与环保：

剩余Cl₂用NaOH溶液吸收，全程无气体泄漏，试剂成本降低80%。

案例2：金属活动性探究实验

1. 微型设计：

(1) 在6孔点滴板中分别滴入稀盐酸，放入镁、锌、铁、铜的碎屑（芝麻大小）。

(2) 用手机慢动作拍摄气泡生成速率，比较金属活动性强弱。

2. 创新点：

金属用量仅为常规实验的1/20，反应时间缩短至30秒内。

案例3：酯化反应微型实验

1. 装置改进：

(1) 用1 mL离心管作反应容器，加入2滴乙酸、2滴乙醇、1滴浓硫酸，60°C水浴加热3分钟。

(2) 直接嗅闻离心管口酯类香味，或滴入碳酸钠溶液观察分层现象。

2. 教学价值：

5分钟内完成传统需20分钟的实验，现象明显且无明火风险。

（二）创新实验设计

案例：化学平衡移动——微型热致变色反应

1. 实验用品：钴（II）氯化物乙醇溶液（0.1mol/L）、真空香水分装瓶（5mL带喷雾头）、温变贴纸（40°C变色型）

2. 实验步骤

(1) 将CoCl₂乙醇溶液1mL装入喷雾瓶，瓶身粘贴温变贴纸。

(2) 冷敷/热敷瓶身观察溶液颜色变化（蓝⇌粉红）。

(3) 喷雾到滤纸上观察环境湿度对显色的影响。

3. 创新点

(1) 微型化展示化学平衡移动。

(2) 结合温变贴纸实现双重可视化。

(3) 可拓展研究温度对平衡常数的影响。

策略2：以项目式学习推动深度探究

1. 主题选择

生活化项目：如“家庭水质检测”“自制微型净水器”。

跨学科项目：如“微型光合作用实验”（结合生物学科测定氧气释放速率）。

2. 实施路径

任务分解：实验设计→数据收集→结论分析→成果展示。

案例4：检测食醋总酸度

学生用注射器滴定法测定稀释食醋中乙酸浓度，计算每100 mL食醋的酸含量，对比商品标签值，撰写实验报告。

策略3：数字化赋能实验教学

1. 传感器技术

微型pH传感器实时监测中和滴定过程，绘制pH-V曲线（如图），直观展示突跃范围。

2. 虚拟仿真实验

通过3D动画模拟危险实验（如浓硫酸稀释）的微观过程，辅助理解反应机理。

四、教学实践案例——氢键的“黏性密码”——探究分子间作用力对液体性质的影响

1. 实验目标

(1) 通过对比不同液体的黏度、挥发性和溶解性，理解氢键

对物质性质的影响

- (2) 建立微观分子间作用力与宏观性质的关联
- (3) 培养控制变量和定量分析的实验能力

2. 实验用品

医用注射器（去针头，5ml）、透明吸管（直径相同，10cm长）、秒表（手机计时器）、滤纸（裁剪成1×5cm纸条）、载玻片（或光滑塑料板）、红外温度枪（可选）、水、无水乙醇、甘油、食用油。

3. 实验步骤与现象观察

- (1) 黏度大挑战（氢键与流动性）

步骤1：用四支5mL医用注射器分别吸取4种液体各2mL分别吸入相同规格的注射器。

步骤2：将注射器垂直悬空固定在铁架台上，匀速推压活塞使液体滴落。

步骤3：记录10秒内滴落液滴数（重复3次取平均）。

实验现象：甘油滴落最慢（黏度最大），食用油最快，水与乙醇居中。

- (2) 毛细行动（氢键与表面张力）

步骤1：分别取四种液体各2mL倒入四支10mL的试管中，取4条宽1cm的滤纸同时浸入不同液体1cm深度。

步骤2：记录5分钟内液体爬升高度（毫米刻度尺测量）

实验现象：水爬升最高（氢键增强毛细作用），甘油因黏度大反而较低，食用油几乎不爬升

- (3) 蒸发降温（氢键与能量变化）

步骤1：用滴管在载玻片上滴等量液体（0.1ml）

步骤2：用温度枪测量初始温度，静置5分钟后复测

步骤3：计算温度变化 ΔT （或用手背感受温差）

实验现象：乙醇降温最明显（氢键较弱易挥发吸热），甘油几乎无变化（强氢键束缚分子）

4. 实验数据记录表

液体	滴落数（次/10s）	毛细高度（mm）	温度变化（℃）
水	15±2	42±3	2.5±0.5
乙醇	28±3	35±2	6.0±1.0
甘油	5±1	18±2	0.8±0.3
食用油	35±4	3±1	1.2±0.4

5. 原理解析

(1) 黏度差异：甘油含三个羟基形成三维氢键网络，分子滑动需破坏更多氢键

(2) 毛细现象：水的强氢键使其与滤纸纤维素（含大量-OH）产生强亲和力和

(3) 挥发吸热：乙醇氢键数量少于水，更易挣脱液态进入气态，带走更多热量

6. 创新点

(1) 生活化对比：用食用油作为无氢键参照组，强化概念认知。

- (2) 多维度探究：通过流动性、表面张力、能量变化多角度

揭示氢键影响。

- (3) 数字化延伸：可用手机慢动作拍摄液滴形态（如甘油拉丝现象）。

7. 安全与环保

- (1) 实验全程佩戴护目镜，避免液体溅入眼睛
- (2) 废弃甘油用纸巾吸附后丢弃，乙醇回收用于后续实验
- (3) 食用油可重复使用3—5次

8. 拓展探究

- (1) 变量控制：探究温度对氢键的影响（温水 vs 冰水实验）
- (2) 工程应用：设计基于氢键原理的缓释保湿材料（如比较不同保湿剂的持水能力）

(3) 微观模拟：用磁铁模拟氢键网络（N极代表O，S极代表H，观察自组装结构）

通过这一系列微型实验，学生不仅能直观感受氢键的“隐形力量”，还能理解分子间作用力在材料科学、生物系统（如DNA双螺旋）中的关键作用，实现从现象到本质的科学认知跃迁。

五、微型化学实验的挑战与应对策略^[6-10]

1. 实践挑战

挑战	具体表现
教师传统观念固化	对微型实验效果存疑，依赖传统教学方式
学生操作精细化不足	微量液体取用误差大，数据偏差显著
实验现象不明显	颜色变化或沉淀生成难以观察

2. 应对策略

(1) 教师培训：开展校本研修，展示常规实验与微型实验对比数据，增强教师信心。

(2) 分阶段训练：设计“微量液体取用”“密闭装置操作”专项练习，提升学生操作精度。

(3) 技术辅助：利用手机显微镜、比色APP放大实验现象，增强可视性。

六、教学评价体系的构建^[6-10]

1. 过程性评价

观察记录：实验操作规范性、小组合作效率、问题解决创新性。

2. 成果性评价

实验报告：包含数据记录、误差分析、生活应用反思。

创新作品：如“微型净水装置设计图”“家庭水质检测视频”。

3. 素养评价

科学思维：能否从微观角度解释宏观现象（如氢键对水密度的影响）。

社会责任：实验设计中是否体现环保理念（如试剂减量、废弃物回收）。

七、微型化学实验的未来展望

1. 便携式实验箱开发

整合微型仪器、生活化材料与数字化工具，实现“教室-家庭-户外”多场景应用。

2. 跨学科深度融合

设计“化学-生物-环境”综合项目，如“微型生态系统中的物质循环”。

3. 智能化升级

结合 AI 技术分析实验数据（如自动拟合滴定曲线），提升教学效率。

八、结论

微型化学实验不仅是实验形式的革新，更是化学学科从“知识传递”向“素养培育”转型的重要载体。通过优化实验设计、创新教学模式、完善评价机制，微型实验能够有效激发学生探究兴趣，培养严谨的科学态度与创新意识，为落实“绿色化学”理念与学科核心素养提供实践路径。未来，随着技术赋能与教育理念的持续发展，微型实验将在高中化学教学中发挥更深远的作用。

参考文献

- [1] 周宁怀. 微型化学实验 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2002.
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准 (2017 年版 2020 年修订) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [3] 王祖浩. 化学实验教学设计与案例 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2021.
- [4] 张玉峰. 深度学习视域下的化学教学策略 [J]. 化学教育, 2021, 42(3): 12-16.
- [5] 陈秋蜜. 核心素养下高中化学实验教学优化的实践研究 [J]. 名师在线, 2023, (18): 23-25.
- [6] 张冠群. 基于核心素养的化学实验教学设计与实践研究 [D]. 延安大学, 2021.000258.
- [7] 孙丽丽. 微型化学实验在高中化学教学中的运用研究 [J]. 数理化解题研究, 2023(3): 122-124.
- [8] 王丹. 微型实验在高中化学新课程教学中的运用 [J]. 魅力中国, 2019(38): 214-215.
- [9] 何银华. 微型化学实验在高中化学教学中的运用研究 [J]. 互动软件, 2020(5): 5685.
- [10] 陈忆真. 微型化学实验在高中化学教学中的运用研究 [J]. 电脑校园, 2020(11): 1543-1544.