

基于创新能力改革化学专业实验教学的路径

梁欢

南京林业大学理学院

摘要: 无机及分析化学实验课程作为化学化工类专业的基础课之一,是这些专业学生必修的一门课程,而且通常也是学生大学中接触到的第一门实验课。传统实验教学在内容陈旧、模式单一等方面的弊端日益凸显。本文基于建构主义学习理论与混合式教学理念,从资源整合、模式创新、方法改革、框架优化、方案升级五个维度,提出与时俱进的无机及分析化学实验教学改革实践路径,通过线上实验资源库建设解决预习与反馈低效问题,利用“双轨制”混合教学模式提升课堂互动深度,借助开放建模实验培养学生自主设计能力,依托支架式教学框架区分验证性与检测性实验的差异化培养目标,并以实际案例说明经典实验的绿色化、现代化改造方法。以期丰富该领域研究成果,切实提高无机及分析化学实验教学效果,助力高校培养高水平综合性化学化工专业人才。

关键词: 高校; 无机及分析化学; 实验教学

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2025.08.190

引言

化学学科属于理论与实践并重的学科。无机及分析化学实验内容为化学相关专业学生今后的工作奠定基础。但随着互联网时代到来,无机及分析化学实验内容正在逐渐发生变化,学生对于传统的实验教学方法的接受程度也逐渐下降。为此,高校需要与时俱进,对无机及分析化学实验教学展开改革。

一、无机及分析化学实验教学改革时代诉求

(一) 时代发展需求的适应

传统的无机及分析化学实验教学内容方式,已无法满足现代化学研究和工业生产对新技术、新方法的需求^[1]。改革实验教学可帮助学生掌握最新的实验技术、分析方法,使学生在毕业后迅速融入现代化科研工作,参与生产实践。

(二) 学科之间的交叉融合

传统的实验教学模式较为封闭,难以体现学科间的交叉融合。改革实验教学可以打破学科之间的界限,引导学生在实验过程中运用多学科知识和方法,促进学科交叉融合,提高学生综合素养、强化学生创新能力。学科交叉本质上是解决复杂实际问题的思维训练,而实验教学作为理论与实践的桥梁,需通过跨学科实验项目设计,同步提升学生知识整合能力与实操创新能力。思维能力、知识整合能力、实操创新能力综合在一起,才是当前就业市场对复合型人才的核心需求。

(三) 学生实践能力的提升

目前的实验教学存在着实验项目陈旧、动手机会少、教学模式单一等问题,无法充分调动学生主观能动性^[2]。改革无机及分析化学实验教学,可改善实验项目多样性,提高实验创新性,赋予学生更贴近实际科研实践的实操机会,由此提升学生实践能力,增强就业竞争力。本校自2022年进行无机及分析化学实验教学改革,取得了一些成果:

指标	2022年	2024年	提升幅度
实验报告优秀率	32%	60%	28%
大学生创新项目申报数	7项	21项	200%
化工企业实习留用率	43%	64%	21%

二、多维协同的实验教学改革实践路径

(一) 线上线下融合的实验资源体系构建

录制高质量的各实验项目操作视频应详尽展示实验步骤,确保学生清晰、简洁地掌握实验操作流程。教师制作视频内容可采用“三段式”,即3分钟原理讲解+5分钟操作演示+2分钟常见错误提示。这样的视频,教师经过2小时左右的剪辑软件培训后可自主制作,难度不高,方便学生在线随时查阅下载,进行系统化预习复习^[3];整合相关电子教材、学术文献、实验研究论文等资源,建立在线文献库。在线平台可以利用学校现有的MOOC平台,比如超星学习通等,这样无需额外的资源建设成本投入。若学校现有平台不可用,可与知网合作开通“实验专题”权限,可定向推送《分析化学》等学术期刊中的实验相关创新论文,为学生提供丰富的理论学习材料,也应配备电子教材以及在线阅读工具,支持学生深入学习。

(二) “课前-中-后”混合式教学创新

在课前准备阶段,教师录制实验操作演示视频,上传至在线学习平台,学生观看演示视频,直观了解实验过程,提前熟悉实验操作步骤、实验要点。

在课中实验操作阶段,教师可安排双轨制教学。若同一时间参与实验的学生数量少于30人,可分成两组,一组做“实验操作”,另一组做“数据建模分析”,两组交替,确保每组每周实操时长不低于2小时;若同一时间参与实验的学生数量多于30人,可借助Chemistry X虚拟仿真实验室缓解实验室压力,让部分学生通过VR设备以虚拟实验室途径完成实验操作。

利用翻转课堂模式，学生在课前充分预习，课堂时间更多用于实验操作。课前任务：观看视频后，用 Process On 在线工具完成“实验流程图绘制”，系统自动统计共性错误。比如，超过 40% 的学生在步骤顺序上出现了颠倒，教师课中重点讲解步骤的先后关系；课中任务：以“小组竞赛”形式开展限时操作，能否在限定时内完成操作决定学生小组的得分，限时竞赛积分以 20% 的权重纳入形成性评价。比如，教师设置任务为 10 分钟内完成滴定管检漏，得分规则为：10 分钟内完成得 5 分，未完成不得分。

在课后复习巩固阶段，可设立实验课后二次讨论区，师生共同进行实验反思总结，针对实验中出现的创新点、意外现象展开深入讨论，提升学生批判性思维^[4]。

（三）开放建模驱动的实验设计能力培养

开放式建模实验设计指基于建构主义学习理论，引导学生通过化学方程式推导、实验流程逻辑建模、数据分析模型构建等虚拟建模设计实验方案，无需依赖实际设备即可完成实验原理验证与创新思维训练。相较于传统实验（学生按固定步骤操作），其核心优势在于：① 学生具有自主选择权；② 模拟实验安全性高；③ 同时多

组实验提高效率。

以“乙酸乙酯制备”的实验为例，教师要求学生分组设计实验方案，利用化学绘图软件 Chem Draw 绘制小组设计的化学实验设备示意图、实验流程图、反应方程式，通过 PPT 展示本组的建模逻辑。教师给学生小组留出足够的时间进行建模设计，然后组织各小组展示并互评方案，互评主要从：① 实验反应原理是否科学，② 实验所用试剂和设备是否经济、可行，③ 实验产生废弃物是否可环保处理三个角度进行，最终由教师评定建模设计方案的可行性。可行的方案最终会进入实验室得以实施。

在“乙酸乙酯制备”实验中，学生自主设计硫酸 / 离子液体催化剂类型、反应温度等变量，通过虚拟仿真提前预测产率。实验成功率从 68% 提升至 89%。这组数据来自本校 2024 年实验教学评估报告。

（四）支架式教学框架下的实验分类实施

在无机及分析化学实验中，搭建支架式教学模型，将实验分为验证性实验和检测性实验两大类。验证性实验指的是在物理规律已经指导的前提下通过实验操作进行实验验证。在实验过程中注重培养学生的深度理解和灵活使用^[5]。下图 1 为验证性实验的支架结构：

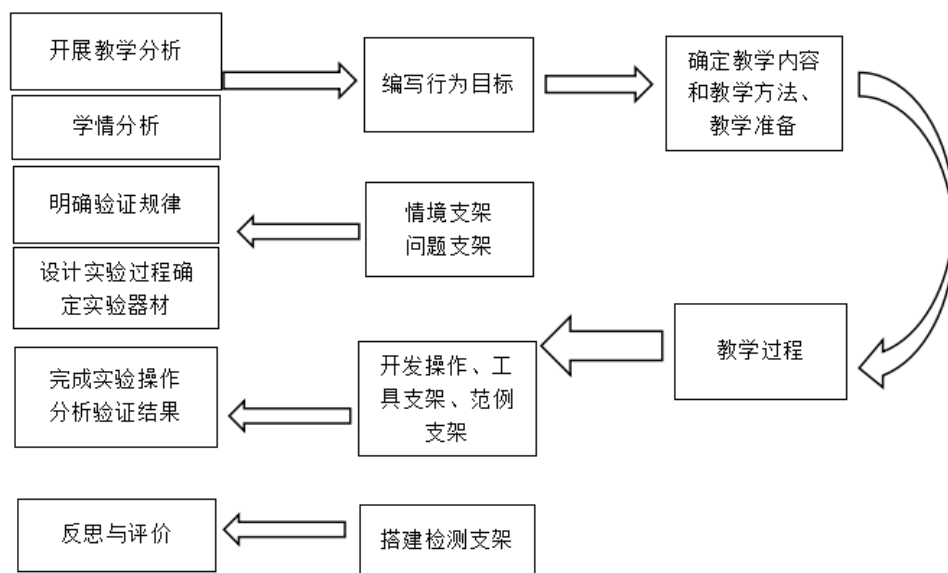


图 1 验证性实验支架形态

图 1 中所指情境支架，是通过生活案例导入实验目的、激活前导知识的工具；问题支架，是预设阶梯问题、引导深度思考的工具；工具支架，是向学生提供即时指导所需的渠道；检测支架，是量化评价学生实验操作精度的工具。

而检测性实验是让学生利用所学化学检测知识，运用实验仪器测定某个量或最终数据，掌握实验方法，帮助学生加深对化学现象、化学反应的理解。具体来说：

（1）搭建：要求教师本着因材施教的理念，针对学生的现有水平和实验的要求，建立合适的实验教学流

程，如明确实验目的、实验材料、工具设备、设置适当的实验操作程序等。

（2）支撑：教师要在整个实验操作过程中予以引导，做好实验技巧演示、问题解答、实验数据处理等工作，以帮助学生顺利完成实验。

（3）评价：教师应做好评价工作，设计合理的评价标准，从实验操作准确性、数据分析准确性、实验报告完备性等进行学习效果的评价。

下图 2 为检测性实验的支架形态：

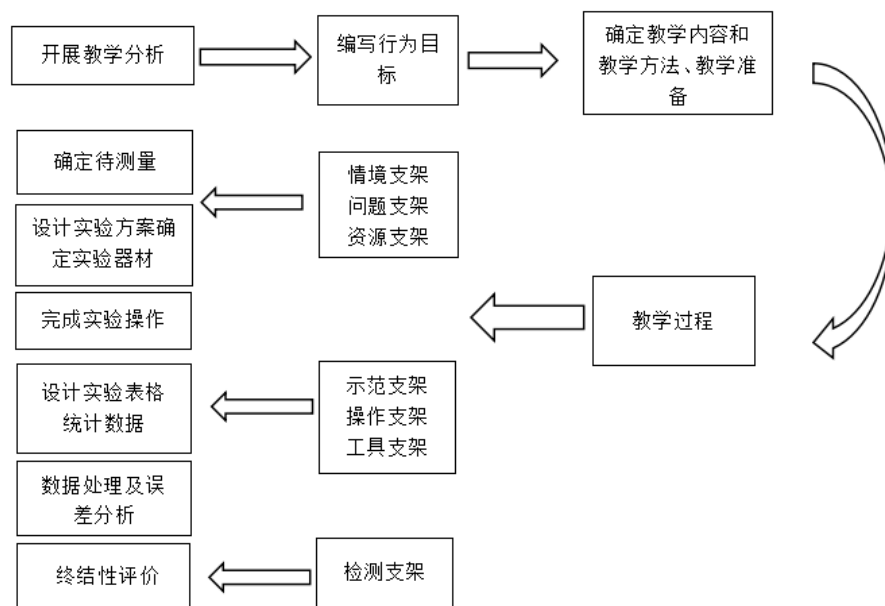


图2 检测性实验支架形态

（五）经典实验的现代化改造与学生参与

传统实验教学中，部分经典实验已经沿用数十年，但实际检测已经不再应用该实验方案。教师需结合时代发展，将实验转化为更贴近当前生产检测的方案。

经典实验方案内容改革的改动重点在于反应原料，保留重点在于反应原理。以“三草酸合铁酸钾制备”实验为例。经典实验中，KCN 作为配位剂毒性大，储存需专柜管理。教师需在尽量不改动化学反应原理、保持相似反应物的基础上，用自身毒性小、保存难度小、购买容易、生成物毒性弱的化学材料代替原来的材料。新方案改用无毒的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 替代，反应原理保持“配位络合”的实验反应核心不变，试剂采购成本降低 70%，且无需特殊储存条件，降低实验室运行成本。

经典实验方案改革中的另一个改动重点是对实验生成物的检测方法。“三草酸合铁酸钾制备”实验原本采用传统重量法测定铁含量，检测环节耗时 4 小时，且检测误差较大。教师可围绕新型检测方式重构教学方案，带领学生在化学实验中逐步了解、认识、应用新型检测方式，让学生以更现代化的方式去认识化学物质、化学实验，让学生体会化学实验的趣味。新方法采用分光光度法，利用 UV-Vis 光谱仪测定吸光度，结合标准曲线计算含量，不仅检测环节的耗时缩短至 1.5 小时，精度提升至 $\pm 0.5\%$ 。

经典实验方案的改革可以教师自行完成，也可以引导学生参与其中。2024 年上半年的学期中，学生提出“用微波辅助法缩短反应时间”的假设。学生的假设通过开放建模模拟证实可行，实操检验最终将传统加热回流 3 小时缩短至微波加热 20 分钟，该改良方案已纳入下版实验指导书。

结语

综上所述，无机及分析化学实验教学的改革不仅是适应现阶段的时代发展需求，更是帮助培养学生各方面综合能力和素养。化学实验教学的本质，不仅是技能的传授，更是科学思维与创新精神的培育。本文提出的教学改革路径中，线上资源的深度挖掘解决了传统教学中预习模糊、反馈滞后的痛点，混合式教学的系统设计实现了理论预习与实操训练的高效衔接，开放建模与支架式教学的结合则从“知识验证”转向“能力建构”，而经典实验的现代化改造更让学生直接接触行业前沿技术。因此，进行无机及分析化学实验教学改革是极具必要性的，也是教育自身素质提升及学生人才培养的一项重要手段。应该得到充分认知，并加以实施改革。

参考文献

- [1] 苗金玲, 范迎菊, 范大伟, 等. 与时俱进的无机及分析化学实验教学改革与实践 [J]. 云南化工, 2022, 49 (12): 140-143.
- [2] 景红霞, 李巧玲, 李延斌, 等. 无机及分析化学实验教学改革与实践 [J]. 实验室科学, 2014, 17 (3): 127-128.
- [3] 刘志军. 地方应用型本科院校无机及分析化学实验教学的改革与实践 [J]. 教育教学论坛, 2015 (4): 276-277.
- [4] 陶为华, 王彦卿. 无机及分析化学实验 [M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2020.
- [5] 肖雪春, 王毓德. 材料类无机及分析化学实验教学改革实践 [J]. 实验科学与技术, 2016, 14 (1): 153-157.