

面向工程实践能力培养的精细化学品分析 实验教学改革与实践

朱华

绵阳师范学院化学与材料工程学院, 四川 绵阳 621000

DOI: 10.61369/VDE.2025270034

摘要: 精细化学品分析实验教学长期以来存在教学内容与产业需求脱节、教学方式偏向验证性操作、学生综合实践与工程思维能力培养不足等问题。为此, 本文立足新工科建设要求, 以“食品添加剂分析”为载体, 构建并实施了“问题—设计—实践—评价”一体化的实验教学模式。实践表明, 该模式有效激发了学生学习主动性和工程责任感, 为学生成为“懂技术、守规则、能创新”的分析检测人才奠定了坚实基础。

关键词: 精细化学品分析; 实验教学改革; 一体化教学模式; 食品添加剂; 工程实践能力; 综合素养

Reform and Practice of Experimental Teaching in Fine Chemical Analysis for Cultivating Engineering Practical Competence

Zhu Hua

School of Chemistry and Materials Engineering, Mianyang Teachers' College, Mianyang, Sichuan 621000

Abstract: For a long time, experimental teaching in fine chemical analysis has faced problems such as the disconnection between teaching content and industrial demands, the tendency of teaching methods to focus on verification-oriented operations, and insufficient cultivation of students' comprehensive practical abilities and engineering thinking. In response to these issues, based on the requirements of "New Engineering" construction, this paper takes "food additive analysis" as the carrier, constructs and implements an integrated experimental teaching model of "Problem—Design—Practice—Evaluation". Practice has shown that this model effectively stimulates students' learning initiative and engineering sense of responsibility, laying a solid foundation for students to become analytical testing talents who "understand technology, abide by rules, and are capable of innovation".

Keywords: fine chemical analysis; experimental teaching reform; integrated teaching model; food additives; engineering practical competence; comprehensive literacy

引言

《精细化学品分析实验》这门课, 说到底就是教会学生如何运用现代仪器和分析方法, 对实际样品中的化学成分进行准确测定与合理评判。课程的核心目标应当是培养学生面对真实、复杂样品时, 能够系统性、合规性地完成从样品接收到报告出具的全流程分析能力。然而, 在不少高校的实际教学中, 这门课却逐渐演变成了“仪器操作培训课”, 教学效果与学生未来职业需求之间出现了明显断层。

以食品添加剂分析作为教学改革的切入点, 自然地与技术学习、法规理解和责任教育相融合, 实现“教、学、做、评”一体化。具体改革思路、模块设计、实施方法与成效反思如下。

一、传统教学存在的主要问题剖析

在推进改革之前, 我们首先对原有教学模式进行了深入反思, 发现问题主要集中在以下四个方面:

1. 教学内容碎片化, 缺乏工程情境贯穿

实验项目通常按仪器或检测方法孤立设置, 例如“气相色谱法测定白酒中的甲醇”“紫外分光光度法测定饮料中的色素”。学

生每个实验只接触一个知识点、一种仪器、一类样品, 不知道各个实验之间有何联系, 更不理解这些实验在实际工作中如何串联成一个完整的分析任务。这种“只见树木, 不见森林”的教学方式, 导致学生知识体系零散, 难以形成系统性的分析思维。

2. 教学方式单向化, 学生主动思考不足

实验指导书往往写得极为详尽, 包括仪器参数设置、操作步骤、数据处理公式等, 学生几乎不需要自己动脑, 只需按步骤执

项目信息: 绵阳师范学院项目: Mnu-JY250249。

作者简介: 朱华 (1981.01-), 男, 汉, 四川达州人, 博士, 副教授, 从事精细化学品教学和科学研究。

行即可。这种“填鸭式”实验教学，剥夺了学生思考“为什么”的机会：为什么选择这种方法？这个参数为什么这样设置？有没有更好的前处理方案？长期如此，学生逐渐丧失自主设计和优化实验的能力，面对真实工作中千变万化的样品时容易束手无策。

3. 评价方式单一化，难以衡量综合能力

实验成绩大多取决于实验报告的书写规范和数据的准确性，对于学生在实验过程中的方案讨论、团队协作、异常排查、创新思考等表现，缺乏有效的记录与评价机制。这导致学生只重视“做出数据”，不重视“理解过程”；只关心“报告分数”，不关心“能力提升”。

4. 学时与资源限制，高阶能力培养困难

精细化学品分析涉及的前处理技术、仪器联用技术等往往步骤繁多、耗时较长，而实验课学时有限（通常为32-48学时），难以安排完整的、综合性的分析项目。此外，大型仪器数量少、成本高，学生实际上机操作时间严重不足，很多关键技能只能“纸上谈兵”。

二、改革理念与整体设计

构建“问题-设计-实践-评价”一体化教学模式，针对上述问题，我们提出了以真实问题为起点、学生设计为核心、全程实践为主线、多元评价为支撑的教学改革理念，并在32学时内构建了四个循序渐进的模块。

总体思路：以“完成一份针对某市售食品中添加剂使用情况的合规性评估报告”作为贯穿始终的总任务。该任务来源于真实的市场监管或企业质控场景，具有明确的工程背景和输出要求。学生不是单纯地做几个实验，而是完成一个完整的“微项目”，在项目中学习知识、训练技能、培养素养。

1. 基础技能模块（6学时），掌握食品添加剂分析的基本流程与规范，学会单一成分的定性定量分析。

2. 综合应用模块（6学时），学会处理复杂基质，实现多组分同时检测，并开展简单的方法验证。

3. 设计研究模块（16学时）。通过自主查阅文献与标准，设计涵盖目标物筛选、样品前处理、仪器分析、数据处理的整体方案，经小组答辩修订后，在开放实验室中独立完成实验，培养解决未知问题的能力。

4. 评估答辩模块（4学时），基于实测数据撰写完整的食品添加剂使用评估报告，制作答辩PPT，回答“样品是否合规”“如不合格可能原因及风险”等问题，接受教师提问。提升数据解读、合规判断与沟通表达能力。

四个模块层层递进，从“学方法”到“用方法”，从“跟着做”到“自己设计做”，逐步引导学生实现从“实验操作者”到“分析设计者”的角色转变。

三、具体改革措施与实施路径

1. 教学内容重构

为在有限学时内实现“基础→综合→设计→评估”的全流

程训练，我们对实验内容进行了大幅整合与重构：

基础模块（6学时）不再单独讲授仪器原理，而是将理论融入实验引导中。学生在动手前，必须首先阅读GB 2760中相关添加剂的使用范围与限量要求，明确“为何要测”“标准是多少”。实验过程中强调记录规范、操作一致性和数据真实性，从一开始就植入质量控制意识。

综合模块（6学时）重点训练复杂样品前处理与多目标物检测能力。我们选取果汁这类基质相对复杂但易于获取的样品，引导学生比较不同前处理方式（如直接稀释、SPE净化）对回收率的影响，理解“基质效应”的实际含义，并学习如何使用内标法或标准加入法进行补偿。

设计模块（16学时）是改革的核心环节。任务书只给出“对某市售食品进行添加剂使用合规性评估”的开放要求，不限定样品、不限定方法。学生1-2人一组，需自行完成以下工作：

（1）样品调研与目标物预设（根据食品类型、配料表、常见违规案例等）；

（2）前处理方案设计与论证（提取、净化、浓缩等方法的选择与比较）；

（3）仪器分析条件筛选（基于实验室可用设备，如HPLC-UV、GC-FID等）；

（4）实验实施与问题排查（合理安排时间、记录异常现象、尝试解决方案）；

（5）数据整理与初步分析。

教师在此过程中扮演“顾问”角色，仅提供原则性指导，不直接给出答案，鼓励学生通过小组讨论、文献查阅、尝试试错来解决问题。

评估答辩模块（4学时）强调输出的专业性与规范性。学生需按照检测报告格式撰写文本，包括样品信息、方法概述、结果数据、合规性判断、不确定性说明等内容，并模拟实际工作场景进行答辩。

2. 教学方法创新

项目式学习（Project-Based Learning, PBL）贯穿始终。所有学习活动都围绕最终“评估报告”展开，使学生明确每个环节的意义，增强学习的目的性与整体感。

案例研讨贯穿教学。例如，在讲解防腐剂时引入“某蜜饯二氧化硫超标”事件，让学生讨论：如何快速筛查？如何准确定量？超标可能带来哪些健康风险？报告结论应如何表述？通过真实案例，将技术学习与法规、伦理教育有机结合。

开放式实验与小组协作。设计模块实验室实行预约开放，学生需自主规划实验时间、预约仪器、领取试剂，培养实验室管理与协作能力。小组内分工明确，各有侧重，并在实验结束后进行组内互评，提升团队责任感。

3. 评价体系改革

建立注重过程、关注成长的评价体系，新评价体系包含过程性评价（40%）、结果性评价（40%）和增值性评价（20%）三个维度。

过程性评价包括：方案设计的新颖性与可行性、实验记录的

完整性与真实性、小组讨论的参与度、异常情况的处理过程等。教师通过课堂观察、实验日志、小组汇报等进行记录。

结果性评价包括：最终实验报告的规范性、数据的准确性与合理性、结果讨论的深度、答辩表现等。

增值性评价重点关注学生从课程开始到结束的进步程度，特别是在自主设计能力、批判性思维、团队协作等方面的提升。通过学生自评、互评与教师评价相结合的方式，引导学生关注自身成长。

四、改革成效与数据分析

本改革方案已在我校应用化学专业中进行了两轮教学实践（涉及学生约200人），并通过问卷调查、成绩对比、实习单位反馈等多种方式进行效果评估。

1. 成效

(1) 学习积极性明显提高，学生能力提升显著

通过匿名问卷调查发现大部分学生认为学习目标更明确，收获更大。学生在创新设计能力、独立分析问题和解决问题能力均得到了大幅提升。对进入检测机构实习和工作的学生进行跟踪调研，实习和用人单位普遍反馈：“上手快、悟性高、规范性强。”

(2) 工程与责任意识同步增强

在课程答辩和访谈中，学生多次提到：“原来一份检测报告

背后有这么多环节需要考虑”“数据不能只追求‘做出来’，更要保证‘测得准、说得清’”“以后如果从事这行，每一个数据都要对得起自己的职业良心”。这种对技术严谨性和职业责任的切身感受，是传统教学难以实现的。

2. 反思与持续改进方向

改革过程中也遇到一些挑战：对教师能力要求高：教师不仅要有扎实的分析化学基础，还需了解食品法规、熟悉实验室质量管理，并具备较强的项目指导和课堂组织能力。未来需加强教师团队培训，鼓励教师赴企业实践。教学管理需更灵活：设计模块需要实验室开放管理支持，包括试剂耗材申领、仪器预约、安全监管等，目前主要依靠教师额外投入，建议学校建立配套的开放实验管理制度。

五、结论

以食品添加剂分析为载体的精细化学品分析实验教学改革，通过构建“一体化教学模式，将课程与行业需求、社会关切紧密相连，让学生学会了如何思考、如何设计、如何合作、如何负责。为新工科背景下实践类课程改革提供了可复制、可推广的实施路径。

参考文献

- [1] 教育部高等教育司. 新工科建设与发展规划(2021-2025)[Z]. 2021.
- [2] 刘毅, 张明. 基于 OBE 的分析化学实验教学改革与实践[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(2): 215-219.
- [3] 王静, 孙宝国. 食品添加剂检测技术研究进展与标准解读[J]. 中国食品学报, 2023, 23(5): 1-10.
- [4] 李华, 刘志军. 项目式学习在仪器分析实验中的设计与效果[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(7): 189-193.
- [5] 赵磊, 陈晓云. 食品中常见添加剂检测方法国家标准比较研究[J]. 食品安全导刊, 2023(15): 62-65.
- [6] 张伟, 黄敏. 工程教育认证背景下实验课程评价体系改革[J]. 高等工程教育研究, 2021(4): 110-115.
- [7] 杨帆, 周涛. 复杂食品基质样品前处理技术研究进展[J]. 分析测试学报, 2022, 41(4): 567-573.
- [8] 陈琳, 吴刚. "问题-设计-实践"一体化实验教学模式探索[J]. 化学教育, 2022, 43(12): 24-28.
- [9] GB 2760-2014, 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [10] 徐芳, 李强. 食品分析实验教学中综合能力培养的实践与反思[J]. 教育教学论坛, 2023(18): 101-104.
- [11] 胡波, 冯晓燕. 新工科背景下实践教学体系构建与实施路径[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(6): 94-98.
- [12] 孙悦, 董亮. 课程思政融入食品分析实验教学的探索[J]. 食品工业, 2023, 44(3): 202-205.
- [13] 郑小龙, 刘洋. 面向工程能力培养的开放实验教学管理探索[J]. 实验室科学, 2021, 24(5): 133-136.
- [14] 周晓梅, 王建国. 食品添加剂安全与检测课程教学改革与实践[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(14): 295-299.
- [15] 朱婷婷, 马宏. 校企协同开展分析检测实践教学的机制研究[J]. 教育现代化, 2021, 8(28): 47-50.