

# 面向现代产业人才培养的仪器分析实验教学体系改革研究与创新实践

章平平, 肖东, 周视玉, 唐传球\*

汉江师范学院化学与环境工程学院, 湖北 十堰 442000

**摘要:** 传统仪器分析实验教学体系偏重经典案例, 缺乏对前沿领域和新兴技术的深入探索, 同时未能与企业需求紧密结合, 导致学生所学与工程实际脱节, 不利于学生的全面发展和企业创新需求, 亟需更新和拓展以适应时代和产业人才培养要求。为了满足社会对高素质复合型产业人才的需求, 课程组遵循国家现代产业学院建设的指导思想, 紧密结合区域产业特色, 以“一个基础核心”和“三个能力培养”为指引, 对原有的实验教学体系进行了重构和序列化, 形成了具有可操作性的“四融四阶”分层递进式实验教学体系, 以期实现课程与产业的深度融合, 助力培育出能够适应现代产业进步并引领其发展的应用型创新人才。

**关键词:** 仪器分析; 实验教学体系; 产业人才; 现代产业学院

**中图分类号:** G64; O6

## Research and Innovative Practice on the Reform of Instrument Analysis Experimental Teaching System for Talent Cultivation in Modern Industry

Pingping Zhang, Dong Xiao, Shiyu Zhou, Chuanqiu Tang \*

Department of Chemical and Environmental Engineering, Hanjiang Normal University, Shiyan 442000, Hubei Province, China.

**Abstract:** The traditional instrument analysis experimental teaching system has primarily focused on classic cases, lacking exploration of cutting-edge fields and emerging technologies. Furthermore, it fails to closely align with the needs of industry, resulting in a disconnect between students and actual engineering. This gap hinders students' comprehensive development and does not meet the innovation needs of enterprises. It is urgent to update and expand the teaching system to better align with the evolving demands of the times and the requirements for industrial talent cultivation. To address the need for high-quality composite industrial talents, the course team has followed the guiding ideology of the national modern industrial college construction. By closely aligning with regional industrial characteristics, the original experimental teaching system has been restructured and sequenced under the guidance of “one fundamental core” and “three ability cultivations”. This has led to the formation of an operable, “four integrations and four stages” hierarchical, progressive teaching system, aiming to achieve deeper integration between curriculum and industry, and fostering application-oriented innovative talents capable of adapting to and leading the progress of modern industry.

**Key Words:** Instrumental analysis; Experimental teaching system; Industrial talent; Modern Industry College

收稿: 2024-05-27; 录用: 2024-08-14; 网络发表: 2025-03-17

\*通讯作者, Email: zpp34@163.com

基金资助: 湖北省高等学校省级教学研究项目(2022460); 湖北省教育厅科学技术研究项目(D20173101)

## 1 引言

现代产业学院是高等教育与经济高质量发展相互支撑、相互促进的必然产物，是推动地方高校实现分类发展、彰显特色的关键举措<sup>[1,2]</sup>。它通过深度整合区域产业资源和高等教育资源，致力于培养既具备高度专业素养又拥有出色实践能力的高素质应用型人才，从而为区域经济社会和产业的持续、健康发展提供坚实的人才保障和强大的智力支撑<sup>[3,4]</sup>。然而，如何紧密结合地方资源、产业和区域经济的创新发展，实现地方高校与企业的深度融合，进而培育出多元化、具有创新精神和产业亲和力的应用型人才，仍是一个值得深入探讨的课题<sup>[5-7]</sup>。

从培养的角度来看，人才的能力储备和形成是一个长期且多元的过程，涉及多个教学环节的深入训练和逐步积累。在这个过程中，理论课程的教学是知识储备的关键，实践类课程(含实验课程)的教学是能力形成的关键。因此，构建和优化实践类课程对于培养学生的工程实践能力具有至关重要的意义。要提升实践类课程的教学效果，我们需要精心设计教学体系，确保教学内容与技术发展保持同步，与行业标准紧密相连，与产业需求紧密对接。这意味着我们需要将行业标准、工艺流程、先进设备、企业管理等实际元素引入课堂，使学生的学习过程中能够接触到最前沿的知识和技术，从而更好地适应未来的职业发展。以“产教融合”为关键词，通过中国知网(CNKI)检索，发现近10年相关论文有1万余篇，大都集中在实习实训基地共建、订单式培养、顶岗实习等方面，而与课程建设相关的成果报道相对较少，且将企业的真实问题深度融入课程体系的实践案例也颇为稀缺。这充分表明，产教融合课程的研究与实践仍处于不断探索与逐步丰富的阶段。

课程变革是推动产业与教育深度融合的核心要素。然而，传统仪器分析实验教学体系通常按照化学二级学科展开，未能充分满足社会对多学科交叉融合产业人才的需求。为了满足社会对高素质复合型产业人才的需求，分析化学课程组以课程为基石，实践教学为抓手，积极将产业技术和产业力量融入课程建设中，以期实现课程与产业的深度融合，助力培育出能够适应现代产业进步并引领其发展的应用型创新人才。

## 2 现代产业学院视域下仪器分析实验教学体系面临的问题

仪器分析实验课是我校应用化学、环境及相关专业本科生开设的必修基础实验课，实践性和应用性强，是深化产学研合作教育的重要载体。目前体系中存在问题有：一是仪器迭代日新月异，教学内容亟需更新；二是各实验单元相对独立，在层次性、综合性、交叉性和创新性方面尚有提升空间；三是学生所学与产业所需相对脱节，地方性的实践教学资源库亟需开发。因此，重构符合产业人才要求的实验教学体系迫在眉睫。

## 3 分层递进式实验教学体系的构建

为了制定切实可行的仪器分析实验教学体系，课程组以“一个基础核心”和“三个能力培养”为出发点，瞄准区域产业需求，将原有的实验教学体系进行重构、序化成可操作层面的“四融四阶”分层递进式实验教学体系。在实验项目设计时，融合线上虚拟仿真资源，融入多学科交叉知识、融入最新科研成果、融入真实企业技术问题，这样既与理论教学相呼应，与交叉领域相融合，与学科建设良性互动，又与产业资源紧密结合，可提高教学针对性和实用性。同时遵循技术技能型人才成长规律，由易到难，将实验项目按梯度设计成基础型、综合型、研讨型和实践型的四个阶层。将实验技能培养、知识迁移能力训练、创新创业意识塑造等环节有机结合、相互促进，从课堂扩展至课外，致力于提升学生的综合分析能力、创新思维拓展能力及产业实践操作能力。

### 3.1 “虚实融合”基础型实验项目的凝练与建构

教育部办公厅和工信部办公厅联合发布的《现代产业学院建设指南》中明确指出，要促进课程内容与行业标准、生产流程、项目开发等产业需求的精准对接，打造一批高水平的校企合作课程、教材和工程案例集<sup>[8,9]</sup>。但在当前的实验教学中，其重要性并未得到充分凸显。因此，许多毕业生在

加入企业后,不得不接受大量的岗前培训,以弥补这一知识短板。这不仅增加了企业的培训成本,也影响了毕业生的工作效率和职业发展。此外,仪器分析仪器价格高昂,资源配备稍显匮乏,实验教学时常出现多人共用一组设备的情况,使得学生在实际操作时时间紧迫,导致学习积极性的下降和课堂教学效果的欠佳。

为了化解这一矛盾,课程组对实验教学内容进行了精心的调整与优化,依托网络平台构建微视频资源(涉及光谱分析、电化学分析、色谱及质谱分析),凝练了一批集基础、生活与标准于一体的“虚实融合”实验项目,教授学生仪器分析实验的基础知识与核心操作技能,从而为他们未来的科学研究与产业实践奠定坚实的基础。如严格按照中国药典(2020年版)的检测规定,我们采用了高效液相色谱法对大黄药材及生产的饮片进行5种蒽醌类成分的含量检测,再如基于蒸馏酒与配制酒卫生标准的分析方法(GB/T 5009.48-2003),我们采用了气相色谱法来测定浓香型和酱香型两种不同香型白酒中的甲醇含量。通过构建“以工作过程为主线、以工作实践为起点”的实验体系,虚实融合,推动实验内容与行业标准对接,旨在培养熟悉检验检测流程、掌握检验检测标准和方法的应用型技术技能人才。

### 3.2 “学科融合”综合型实验项目的重构与优化

仪器分析是一门综合性极强的学科,它深度融合了光学、电子学、磁学和计算机科学等多个交叉学科的基本理论与前沿性技术,涉及的方法众多,传统的教学模式往往是针对每种方法分别进行实验,分析不同的样品。这种逐一学习的方式虽然能够让学生掌握每种方法的具体操作,但难以在没有实践经验的情况下从整体上把握课程的主线。

为了帮助学生更好地比较不同仪器分析方法的特点,理解它们之间的关系,并提高学生的综合实验能力,我们对实验内容进行了重构,引入Design-Expert、SPSS、Gaussian、Multiwfn等实验设计及优化、数据统计及分析软件,融合统计学、计算化学等学科知识,建构了一批具有对比性的综合性实验项目<sup>[10]</sup>:一是相似工作原理不同仪器的比较;二是相同类型仪器不同光路设计的比较;三是同一样品同一仪器不同测试条件下测试结果的比较;四是同一样品同一仪器不同制样方法下测试结果的比较;五是同一样品不同仪器测试结果的比较<sup>[11]</sup>。如蔬菜中维生素C三种测定方法的比较研究<sup>[12]</sup>,基于主成分分析和聚类分析的市售橄榄油中微量元素含量的统计分析比较<sup>[13]</sup>,不同流速、流动相和检测波长对甲氧菊酯、高效氯氟氰菊酯、S-氰戊菊酯色谱分离的影响等。通过运用比较教学法,我们可以将教材中的关键知识点、难以理解的部分以及学生在学习过程中遇到的疑点进行有机结合,帮助学生透过现象,掌握本质,激发其实验兴趣和创新精神。

下面以“高效液相色谱知识单元”为例,阐述如何实施“学科融合”综合型实验项目教学设计与实践。为了培养学生综合运用多学科知识解决实际问题的能力,我们融合了分析化学、药物化学和计算化学等多个学科,设计了一个综合型创新实验项目:一测多评法在大黄5种游离蒽醌类成分测定中的应用<sup>[14]</sup>。在这个项目中,学生不仅学习了如何运用一测多评法对大黄中的5种游离蒽醌类成分进行测定,还基于密度泛函理论,使用了GaussView 5.0和Gaussian 09软件,在B3LYP/6-31++G(d,p)基组水平上对这些化合物进行了几何构型优化。此外,学生们还利用Multiwfn软件,运用Mulliken布居分析法,探究了这些游离蒽醌类化合物的内在性质。图1为学生使用Gaussian 09程序包进行了5种蒽醌类化合物的分子结构优化后,再利用Multiwfn和VMD软件精心绘制的表面静电势图。

通过结合分子可视化和量子化学计算软件,较好地提升了实验教学的生动性、趣味性和挑战性,更好地帮助学生从分子层次上深入理解和把握物质的结构与性能之间的关系,从而在一定程度上提高了学生的综合分析能力。

### 3.3 “学研融合”研讨型实验项目的创建与优化

在强化基础与激发兴趣的双轮驱动下,引导学生主动学习和探索未知,才能为现代检验检测产业的持续发展奠定坚实的人才基石。本课程面向大三学生,已具有一定的基础实验训练基础,因此

有能力适应研讨型实验教学新模式。基于此，我们以学生发展为中心，动态更新研讨主题，创建了一批“前沿性、交叉性、创新性”研讨型实验项目，以研促创，培养学生创新能力。如基于纳米酶催化的比色检测方法构建与应用、维生素C比色芯片的设计与应用、微流控芯片的加工及其分析应用等<sup>[15]</sup>。基于研讨结果，鼓励学生自主提出课题、自主设计课题、自主研究与探索、跨年级跨学科组队，完成较好的课题被选为了“大学生创新训练计划”“挑战杯”“互联网+”的参赛项目或毕业论文题目。

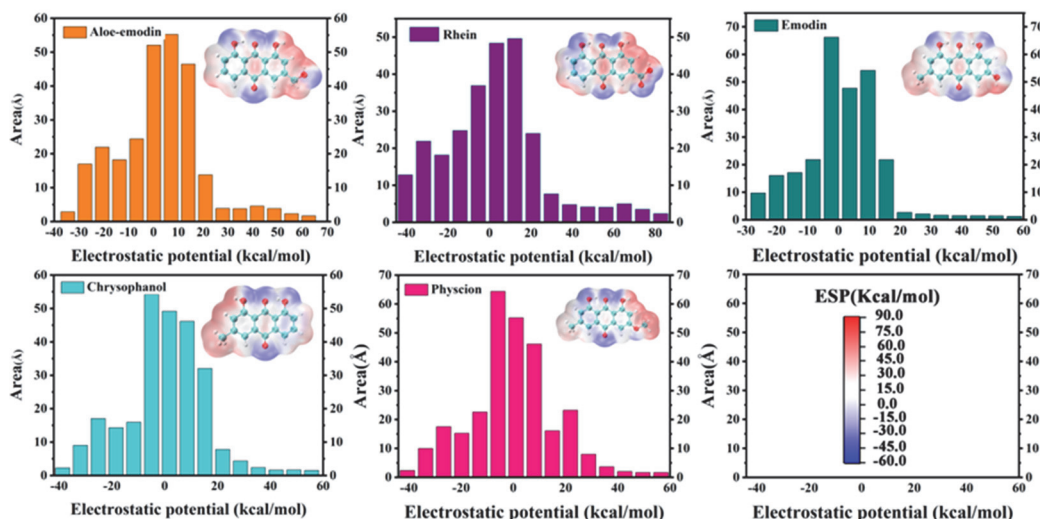


图1 由Multiwfn和VMD绘制的蒽醌类化合物表面静电势

### 3.4 “产教融合”实践型实验项目的探索与构建

产业学院着重实施实践导向的教学模式，其教学内容和目标紧密贴合现实需求，强调实用性和针对性<sup>[16-18]</sup>。此外，我市公共检验检测行业“十四五”发展规划(2021-2025)已将“南水北调”水质量检验检测中心、华中中药材质量检验检测中心、国家绿松石产品质量检验检测中心等纳入筹建范畴，这无疑对我校化学化工类应用人才的培养提出了新的要求。鉴于此，我们结合学校实际和特色，充分以学生为中心，以真实企业技术问题为导向，紧紧贴区域产业需求和我市公共检验检测行业“十四五”发展规划，校企共同开发了基于“水、药、石”鄂西北特色的实践型实验项目。如我市金银花深加工企业在金银花露贮存时有产生沉淀现象，依此构建了实践型实验项目：金银花类饮料中深色泥状沉淀的成因与性质的探究<sup>[19]</sup>。再如我市绿松石频频出现优化处理现象，依此构建了实践型实验项目：绿松石红外光谱特征及其成分研究；天然绿松石与优化处理绿松石的光谱特征与鉴别对比研究<sup>[20]</sup>。

下面以“电化学分析法知识单元”为例，阐述如何实施“产教融合”实践型实验项目教学设计与实践。结合双碳背景下我市电镀产业可持续发展需求，我们创新地将低共熔溶剂中锌镍镀层的电沉积制备与性能研究引入仪器分析实验课程教学中来，构建了“课前导学练习-真工程情境导入-方法探索实践-产业一线实践-师生讨论思辨-课后拓展进阶”这种层层递进，步步深入的教学流程。教学设计流程如图2所示。

课前导学阶段，我们鼓励学生预习相关理论知识，开展文献调研，并撰写预习报告。此外，我们提倡学生利用ChatGPT、文心一言等人工智能工具自主生成预习报告，并与自己撰写的报告进行对比分析。这一做法旨在增强学生的自主学习能力，帮助他们更深入理解和掌握实验内容，同时在教学实践中融入ChatGPT，鼓励学生积极向其提问，以此激发智能创意的碰撞与灵感。

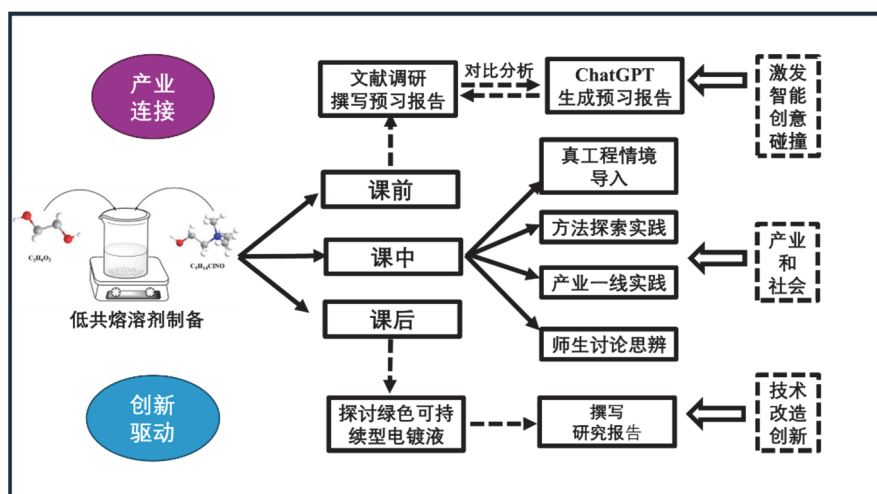


图2 “产教融合”实践型实验项目教学设计流程图

在真工程情境导入阶段，我们设计一个模拟真实的电镀产业环境。通过这一情境，学生能够身临其境地体验电镀产业的生产流程，从原材料的准备到电镀液的配制，再到电镀过程的实际操作。这样的导入方式，旨在使学生更加直观地了解电镀产业的实际情况，增强他们的实践能力和解决问题的能力。

在方法探索实践环节，学生亲手操作实验设备，探索锌镍镀层的电沉积制备过程，并采用响应面实验优化电沉积工艺，继而通过动电位极化曲线研究低共熔溶剂中锌镍镀层的耐蚀性能，从而掌握电化学分析法基本原理和电化学工作站使用方法。

在产业一线实践阶段，我们组织学生深入电镀企业，学习丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物(ABS)电镀工艺流程，由企业技术人员亲自讲解并示范ABS素材进料检验、除内应力、涂绝缘油、电镀(粗化、中和、催化、解胶、化学镀、电气镀)等核心步骤的操作原理和工艺流程。在这一过程中，学生们得以全面深入地了解电镀工艺的核心环节和技术精髓，涵盖前处理、电镀工艺过程控制以及后处理等关键步骤，学生在掌握基础理论和专业知识的同时，也获得了宝贵的生产实践知识及技能。

在课后拓展进阶环节，我们引导学生对电镀废水污染问题进行深入研讨，探究绿色可持续型电镀液的开发必要性，并让学生撰写研究报告，将完成质量较高的研究报告选为湖北省大学生化学(化工)学术创新成果报告会等会议的竞赛课题。

将区域特色的项目引入课堂，使学生带着问题去学习，让学生尽可能地体验到真实的工作环境，接触到完整的工作流程与内容，引导学生进入技术改造创新，在职业实践引导下推动课程体系与岗位职业标准对接，着力培养学生产业实践能力。

## 4 初步建设成效

### 4.1 学生实践素质及创新能力显著提升

近5年来，新实验教学体系已基本成熟，并逐渐发挥成效。应用化学专业的学生对仪器分析实验的基本概念与理论有着更为深刻的理解，并且能够更加高效地将仪器分析实验知识与专业核心课程进行融合。这种融合不仅推动了他们专业素养和技能的明显提升，还较大地拓宽了他们的学科视野，并激发了创新能力。近五年来，学生在分析化学及其交叉领域的国家级和省级大学生创新创业训练项目、省级“互联网+”大学生创新创业大赛中取得了显著成绩，同时发表了多篇学术论文并申请了多项专利，充分展现了他们的创新实践能力和专业素养。这些成果不仅提升了学生的综合能力，还为他们毕业后顺利进入化学化工等相关专业领域的工作奠定了基础。

#### 4.2 学生服务产业能力显著提升

从对近3届在水质检测、第三方检测、食品、制药、卫生检验检疫等行业就业的毕业生调查反馈看,学生一致认为能够学以致用,可以更好地帮助他们在新的单位深入开展工作。此外,上述用人单位对学生具备的分析检测、质量控制与管理技能评价很高,表示业务能力强,且具备一定的工程实践经验。这也说明新的实验教学体系能较好地把握检验检测产业在课程教学内容上的真实需求,较大幅度提升了学生的仪器分析实操能力,为他们的未来职业生涯发展和幸福感奠定了坚实的基础。

#### 4.3 教师教育教学能力大幅度提升

在长期的教学探索中,课程组成员致力于教学体系的研究与改革,坚守并践行“教学相长”的教育理念,积极调整并优化实验教学体系和教育教学方式,汲取国内外教学的优秀经验,并在此基础上主持了一系列课程建设与改革,取得了较好的成果。近5年来课程组成员主持了2项省部级教改项目和4项校级教改项目,荣获了校级教学成果二等奖1项。通过教改,近5年课程组负责人连续多次评教为优秀,获得校、院两级督导专家的高度认可和一致好评,2021年被评为校级一流课程,目前正在积极申报省级一流课程。通过不断的探索和实践,初步构建了产学研用的实验教学体系,有效促进了学生的全面发展,为化学化工类产业人才的培养注入了新的活力。下一步,我们将持续巩固既有成果,并致力于构建产教融合实验平台和智慧实验室,将其塑造为实验体系创新的核心力量,为培养高质量的化学化工创新型产业人才提供助力。

### 5 结语

本文以现代产业人才培养的视角改革仪器分析实验课程体系,构建了分层递进式实验教学体系。通过5年多的努力实践,学生的学习效果有了明显的提升,特别是生产实践知识及技能、创新型实验、竞赛和毕业论文质量中体现得更为明显。新的实验教学体系能较好地帮助学生掌握实验技能,深化对生产一线的理解,并了解科学前沿的研究方向,从而为他们未来的学术和职业发展打下了比较坚实的基础。改革还在继续,我们将进一步创新实验体系,高效整合并利用学校、政府、企业和社会等各种资源,及时吸纳产业转型升级过程中涌现的新知识、新内容,致力于让学生所掌握的知识技能与社会实际需求紧密相连,以适应新兴业态的不断变革与发展。

### 参 考 文 献

- [1] 梁一, 杨芬, 徐军发. 中国免疫学杂志, **2023**, 39(6), 1168.
- [2] 张福生, 王超, 葛阳, 胡朝斌. 高等工程教育研究, **2022**, No. 5, 68.
- [3] 黄红武, 李宁, 刘国买, 姜哲. 中国高等教育, **2022**, No. 20, 36.
- [4] 冀宏, 张扬, 益波, 张根华. 高等工程教育研究, **2022**, No. 4, 70.
- [5] 刘国买, 何谐, 李宁, 梁俊平. 高等工程教育研究, **2019**, No. 1, 62.
- [6] 张兵, 邹一琴, 蒋惠凤. 高等工程教育研究, **2021**, No. 4, 125.
- [7] 黄彬. 教育发展研究, **2021**, 41 (5), 14.
- [8] 张坚豪, 吴桂华, 郑自辉, 朱志伟. 教育现代化, **2019**, 6 (7), 13.
- [9] 薛马品一, 魏士刚, 王兴华, 孙颖, 宋大千. 化学教育(中英文), **2018**, 39 (4), 25.
- [10] 滕珺, 朱晓玲. 比较教育研究, **2013**, 35 (7), 103.
- [11] 江玉亮, 毕文韬, 杜江燕, 杨静. 大学化学, **2020**, 35 (2), 27.
- [12] 章平平, 吴晓慧, 唐传球. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (10), 40.
- [13] 杨雯懿, 陈林, 周学忠. 食品与发酵工业, **2020**, 46 (14), 222.
- [14] 唐传球, 甘莉, 张文佳, 王溪, 丁宗庆, 章平平. 黄河科技学院学报, **2023**, 25 (11), 12.

- [15] 丁宗庆, 曹俊, 黄巧雨. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (6), 66.
- [16] 郭群群, 李书慧, 杜桂彩, 隋晓, 杨群华, 陈光炜, 王超. 工业和信息化教育, **2022**, No. 7, 49.
- [17] 魏波, 李冰石, 游新奎, 张黔玲, 高原. 实验室研究与探索, **2010**, No. 8, 276.
- [18] 钱存阳. 高等工程教育研究, **2015**, No. 2, 187.
- [19] 刘程. 金银花类饮料生产过程中的浸提条件优化及产品沉淀控制[硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [20] 曾璇, 杨志军, 李晓潇, 雷雪英, 黄珊珊, 陈耀明. 光谱学与光谱分析, **2019**, *39* (3), 834.