新工科背景下有机化学实验分层递进教学改革探索

郭艳辉　伍康平

赣南科技学院 资源与环境工程学院 江西 赣州 341000

【摘　要】：针对新工科背景下有机化学实验教学存在的实验内容更新不足、教学模式相对固化、学生自主探究意识不强及评价方式较为单一等问题，基于工程教育理念和有机化学实验课程特点，构建“基础实操—综合应用—创新探究”三级分层递进教学体系。通过优化实验项目内容，将绿色化学理念、问题驱动教学与科研前沿内容融入不同教学层级，并从教学组织、实验内容、学习方式和考核评价等方面提出改革思路，形成由基本实验技能训练向综合应用和创新探究逐步递进的教学模式。该体系旨在强化学生实验基本技能的同时，突出问题分析、工程实践、自主探究和创新思维的培养，为新工科背景下地方高校有机化学实验课程教学改革提供参考。

【关键词】：新工科；有机化学实验；分层递进；问题驱动；绿色化学；教学改革

DOI:10.12417/2705-1358.26.16.015

1 引言

有机化学实验是化工、应用化学、材料类专业重要的实践课程，承担着夯实理论基础、训练实验技能和培养科学思维的重要任务。与理论课程相比，实验课程具有过程性、操作性和综合性等特点，是连接基础知识与专业实践的重要环节。实验教学内容、组织方式和评价机制的设计，会直接影响学生对有机化学知识的理解以及实验能力和探究意识的形成。

新工科建设强调面向新技术、新产业和新业态发展需求，推进工程教育理念、人才培养模式和课程教学方式改革。教育部 2017 年印发《关于开展新工科研究与实践的通知》，提出围绕工程教育改革的新理念、新结构、新模式、新质量和新体系开展研究与实践[1]；2018 年教育部、工业和信息化部、中国工程院印发《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》，进一步强调以新工科建设为重要抓手，持续深化工程教育改革，培养适应和引领新一轮科技革命和产业变革的卓越工程科技人才[2]。

在此背景下，传统有机化学实验教学中内容相对固定、验证性实验比重较高、教学过程以教师示范和学生模仿为主、评价偏重结果等问题，需要从课程体系层面进行重新设计。已有有机化学实验教学改革研究也从课程内容、教学方式和能力培养等方面探索了相应路径[3-5]。本文结合有机化学实验课程特点，提出“基础实操—综合应用—创新探究”三级分层递进教学体系，并将绿色化学、问题驱动和科研赋能等理念贯穿其中，力图形成由基本技能训练向综合应用能力和创新探究能力逐步递进的教学设计思路。

2 现阶段有机化学实验教学存在的问题

2.1 实验内容较为固定，综合与创新性不足

有机化学实验课程中的蒸馏、重结晶、萃取、酯化等经典实验具有较强的基础训练价值，但若长期采用固定的实验原理、操作步骤和结果评价方式，容易使实验教学停留在“按步骤完成任务”的层面。实验内容与绿色合成、现代催化、分离分析和功能材料等新技术、新方向的联系不足，也会限制学生对实验方案设计和知识迁移的认识。因此，课程内容需要在保留基础实验技能训练功能的同时，逐步增加综合性、设计性和探究性内容。

2.2 教学组织方式相对单一，学生主体作用发挥不足

传统实验课堂通常按照“教师讲解—示范操作—学生重复”的流程组织教学，学生在课前主要完成模板化预习，课堂以完成规定步骤为主要目标。当实验过程中出现产率偏低、产物纯度不佳或操作异常等情况时，学生往往首先寻求教师给出解决方案，自主分析和调整的空间有限。针对这一问题，PBL 教学和基于文献的实验设计等研究强调通过问题设置、方案设计和自主探究提高学生的主体参与程度[6,7]。对于新工科人才培养而言，仅完成规范操作并不足以支撑工程问题意识和创新能力的形成，有必要在实验教学中增加问题提出、方案比较、过程判断和结果解释等环节。

作者简介：郭艳辉，男（1993.09-），汉族，江西吉安人，博士，讲师，研究方向：有机化学。

伍康平，男（1998.06-），汉族，江西赣州人，硕士，助教，研究方向：食品化学。

项目基金：2026 年赣南科技学院教学改革研究课题：面向专业认同培养的《食品学科导论》AI 教学包开发与实践，（编号：XJGPT-2026-10）。

2.3 课程评价偏重终结结果，过程性能力体现不足

以实验报告和终结性实操考核为主的评价方式，能够反映部分知识和技能掌握情况，但对学生预习准备、实验安全、操作规范、数据记录、问题分析、团队协作及方案优化等过程性表现关注不足。基于工程教育认证和课题型导向的实验教学改革研究均强调，应进一步关注学生能力发展的全过程，并优化课程评价方式[8,9]。若评价标准过度聚焦产率和最终结果，容易弱化实验过程本身的学习价值。因此，有机化学实验课程需要建立与教学目标相匹配的多元评价机制，将知识、能力和素养纳入同一评价框架。

2.4 绿色化学与价值引领融入不够系统

有机化学实验涉及有机溶剂、反应试剂、能源消耗及废液废物处理等环节，具有较为鲜明的绿色化学教育场景。若绿色理念仅停留在实验安全提示或课后废液处理层面，难以形成学生对“减量、替代、循环和优化”等绿色实验思路的系统认识。同时，科研诚信、规范记录、责任意识和精益求精等价值要求，也需要结合具体实验任务自然融入课程，而非作为独立的附加内容。

3 分层递进式实验教学体系构建

基于有机化学实验课程的知识与能力结构，可将实验教学划分为“基础实操—综合应用—创新探究”三个递进层级。三个层级并非简单增加实验难度，而是分别对应“会操作、能综合、善探究”的能力发展路径，在实验内容、学习方式、教师角色和评价重点上形成逐级递进关系。基础层强调规范与安全，综合层强调知识整合和问题解决，创新层强调方案设计与自主探究。其总体设计见表 1。

表 1 有机化学实验三级分层递进教学体系

层级	主要目标	实验内容示例	教学方式	能力侧重
基础实操	规范操作与安全	蒸馏、萃取、重结晶、薄层色谱等	示范+规范训练+绿色意识	实验基本技能
综合应用	知识整合与问题解决	安息香缩合、天然产物提取、多步合成等	问题驱动+小组探究	工程实践与分析
创新探究	自主设计与优化	绿色催化、无溶剂反应、条件优化等	开放任务+方案设计	创新思维与科研素养

3.1 基础实操模块：夯实规范操作与绿色实验基础

基础实操模块主要承担低年级学生实验入门和基本技能训练任务。教学内容可围绕常压与减压蒸馏、萃取与洗涤、重结晶、薄层色谱、熔点测定等典型操作组织，并根据课程目标删减重复性较高、教学价值有限的项目。教学重点不是单纯追求实验结果，而是帮助学生掌握仪器使用、操作规范、数据记录、误差分析和实验安全等基本要求。

在该模块中，应将绿色化学教育前置到实验方案和操作过程。例如，在实验准备阶段引导学生认识试剂用量与废物产生之间的关系，在实验实施中强调微量化、规范化和资源节约，在实验结束后设置废液分类与实验室清理要求，使绿色意识与实验基本功同步形成。科研诚信也可通过规范原始数据记录、禁止随意修改实验数据等具体要求自然融入教学。

3.2 综合应用模块：强化知识整合与工程问题意识

在学生掌握基本实验技能后，可进入综合应用模块。该模块强调多个知识点和实验操作的有机衔接，可选择安息香缩合、乙酰乙酸乙酯合成、天然有机物提取与表征、多步合成及产物分离分析等项目作为载体，使学生经历反应设计、条件控制、分离提纯、表征分析和结果讨论等较完整的实验过程。

综合应用模块宜采用问题驱动方式组织教学，不再将完整操作步骤一次性给出，而是围绕反应条件、产率、纯度、分离效率、溶剂选择和废物减量等问题设置任务。课前引导学生检索资料、比较方案和识别风险；课堂中由小组讨论实验路径并完成操作；出现异常时先要求学生依据实验现象和理论知识进行判断，再由教师提供针对性指导。通过这种方式，可将实验过程由“执行既定步骤”转变为“依据问题作出判断”。

3.3 创新探究模块：突出自主设计与科研启发

创新探究模块面向具备一定实验基础的学生，以开放性和设计性任务为主要形式。教学内容可以结合绿色催化、精细有机合成、功能材料和现代表征等方向，选择适合本科教学条件、风险可控且具有探究空间的内容作为项目来源。例如，可围绕无溶剂或低溶剂有机反应、催化反应条件优化以及天然产物提取条件比较等主题设置探究任务。

该模块的核心并不是简单引入“前沿名词”，而是将科研中的问题意识、文献阅读、变量控制和结果分析方式转化为本科教学任务。教师可给出研究目标、基本原理或限制条件，学生自主提出实验方案，比较不同条件下的实验结果，并依据数据对方案进行分析和优化。对于条件成熟的课程，还可将课堂探究与大学生创新创业训练、学科竞赛等活动衔接，拓展实验课程的创新育人功能。

4 绿色化与创新化融合的教学实施设计

4.1 实验项目的分层设计

“绿色化”与“创新化”不宜作为独立于实验内容之外的附加要求，而应嵌入三个教学层级。基础层侧重安全、减量和规范

操作，综合层侧重方案比较、条件优化和资源利用，创新层则进一步强调绿色指标与实验方案设计的协同。由此形成从“认识绿色实验”到“实施绿色实验”再到“设计绿色实验”的递进逻辑。

4.2 线上线下融合的教学组织

可构建“线上前置学习—线下实验探究—课后反思优化”的教学流程。线上资源主要用于实验原理、仪器操作、安全知识和基本方法学习；线下课堂将主要时间用于实验实施、小组研讨和异常问题分析；课后安排文献研读、实验复盘和方案优化，使课堂学习由单次操作延伸至实验设计与思考。对于探究性项目，可采用 3—4 人小组协作方式，明确资料检索、实验操作、数据处理和汇报等分工。

4.3 由结果评价转向全过程多元评价

评价体系应与三级教学目标对应，重点考察学生在学习过程中形成的能力，而不是只对最终实验结果进行判断。可设置过程性评价与终结性评价相结合的结构，其中过程性评价重点关注预习准备、操作规范、安全意识、数据真实性、问题分析、团队协作和方案优化等表现，终结性评价重点考查综合实操、知识整合和实验方案阐释能力。具体权重可依据课程特点和学时安排进行调整，不宜将某一固定比例视为统一标准。

4.4 价值引领与课程内容的自然融合

价值引领可通过实验任务本身实现。实验数据如实记录可对应科研诚信教育；试剂减量、溶剂替代和废物分类可对应绿色发展理念；实验方案反复优化可对应严谨求实和精益求精的职业素养；实验风险识别和规范操作则对应安全责任意识。

5 结语

新工科背景下，有机化学实验教学需要在保留基础操作训练功能的同时，更加关注学生综合应用、问题解决和创新探究能力的形成。针对实验内容固定、教学方式单一、评价结果化以及绿色教育融入不足等问题，本文提出“基础实操—综合应用—创新探究”三级分层递进教学体系，并从实验项目设计、问题驱动教学、线上线下融合、全过程评价和价值引领等方面进行系统设计。该思路的核心是通过不同层级实验任务的衔接，使学生由规范操作逐步过渡到综合应用，再发展到自主设计与探究。

参考文献：

[1] 教育部高等教育司.关于开展新工科研究与实践的通知[Z].教高司函〔2017〕6 号,2017.

[2] 教育部,工业和信息化部,中国工程院.关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见[Z].教高〔2018〕3 号,2018.

[3] 房芳,于月娜,王春燕,等.有机化学实验课程教学改革研究与实践[J].大学化学,2021,36(11):2111008.

[4] 程景,杨雪苹,金剑,等.新工科背景下有机化学实验教学改革与实践[J].实验室科学,2021,24(02):189-193.

[5] 邹晓川,王贵凤,聂旭元,等.融合“四化”理念,培养“五会”应用型人才——以有机化学实验教学改革为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(05):136-141.

[6] 王彩荣,苏静,梁亚琴,等.基于 PBL 教学模式的有机化学实验教学设计——以“安息香缩合反应”为例[J].大学化学,2023,38(03):2212071.

[7] 李玲玲,兰泉,郑媛,等.从纸上到躬行:基于有机化学理论和文献的实验设计及优化——低年级本科教学初探[J].大学化学,2022,37(02):210212.

[8] 金玲,万玉保,田雪梅,等.基于工程教育认证的有机化学实验课程教学改革探索[J].安徽工业大学学报(社会科学版),2024,41(04):112-115.

[9] 吕贵芬,肖玉婷,孙青,等.“课题型”导向的本科有机化学实验教学改革与实践[J].南昌航空大学学报(社会科学版),2024,26(04):89-94.