

实验化学“四段进阶”式系列课程重构与实践

代瑞慧 刘红蕾 郭利静

河北农业大学理工系，河北 沧州 061100

摘要：本文在“101 计划”建设的背景下，对化学实验课程进行教学改革，将化学“101 计划”中关于基础化学实验、化学测量学实验、合成化学实验三门课程模块化嵌入到化学实验“四段进阶”式系列课程的过程中，引导学生由单元到整体、由操作到设计、再到创新的系统训练；结合课程体系对教学模式优化，实现学生知识进阶化、操作规范化、思维体系化、能力由会到懂到精的转变；并通过考评体系建立，以评价中的成果导向激发个性化创新型的化学拔尖人才培养。

关键词：实验化学；“101 计划”；教学模式
DOI: 10.64649/yh.jydk.issn3080-2660.202609021

0 引言

为深入学习贯彻党的二十大精神，加快构建高质量基础学科人才培养体系，教育部于 2023 年 4 月启动了基础学科系列“101 计划”。化学“101 计划”的总体目标是集中全国化学领域的优势力量，聚焦化学拔尖人才培养，从教学内容和教学方式两方面系统性建设完整的化学核心课程体系和教材体系^[1]。

自计划启动以来，多所高校积极参与化学“101 计划”的建设，实验课程则突破传统分类，设立基础和综合两个层次，立足合成化学与化学测量两大化学学科核心，建设基础化学实验^[2]、合成化学实验^[3]、化学测量学实验^[4]3 门实验课程，做到既注重基本实验技能与基础实验知识的传授，又强化前沿研究的教学转化。基础化学实验课程由南京大学牵头多所学校共同负责建设；厦门大学、南京大学、复旦大学进行了化学测量学实验课程设计；中山大学开展了合成化学实验课程建设。“实验化学”课程设计的现有研究主要体现在课程定位、课程目标、课程模块及课程设计上，课程建设主要集中在单门课程的结构优化及模式创新上。

如何在课改中充分利用化学“101 计划”3 门实验课程建设条件，结合我校课程设立特点，重构课程结构、创新课程模式，关注学生获得感、参与度和进阶成长，建立服务于化工行业的应用型课程模式值得探究。

1 课程教学设计与实施

1.1 课程体系重构

按照“强化基础、注重实践、培养创新、提高能力”原则，以化学“101”计划中实验课程建设为基础，将基础化学实验、化学测量学实验、合成化学实验课程内容进行模块化，将模块内容按照由单元到整体、由操作到设计、再到创新的层次嵌入到化工类专业的实验化学体系中，形成“初级化学实验→中级化学实验→高级化学实验→综合创新实验”的四步进阶新课程体系。初步建设情况如图 1 所示。

在初级化学实验课程中，单元化培养基础技能，训练学生掌握基本操作技巧和实验流程，同时培养安全意识，浸润科研思想；在中级化学实验课程中，体系化学习合成与检测实验方法整体操作，引入仪器操作，形成由单元到整体的实验活动，进一步锻炼操作技能，提升实验操作及数据处理能力，丰富科研视野；在高级化学实验课程中，系统化培训大型仪器和高精尖技术操作技能，加深化学测量学实验和合成化学实验内容，挖掘学生的创新思维和解决问题的能力。在综合创新实验课程中，综合化实验项目锻炼学生的知识应用能力、团队协作能力，激发学生的科研热情和创新意识，高阶化开展科研实践与工业实践项目，锻炼学生的科研能力、创新能力和实践能力。四门课程逐步进阶，有序促进人才培养目标的有效达成。

	基础化学实验	化学测量学实验	合成化学实验
初级化学实验	实验安全与防护、基本操作、分离与纯化	化学分析测量	基础合成
中级化学实验	仪器设备与软件	物理化学测量 化学分析测量	进阶合成
高级化学实验		仪器分析测量	综合合成
综合创新实验	材料制备→结构表征→性能评价→数据分析→研究报告		

图1 课程体系建设情况

1.2 教学模式优化

构建多层次教学模式：①根据课程特点形成课堂制度，初级化学实验和中级化学实验实现高年级学生助教操作指导，由教师对学生助教进行系统化操作培训，再由学生助教点对点辅导及纠正低年级学生的操作习惯；高级化学实验采取本班学生轮转制自主辅助课堂，即由本班学生轮流完成基础简单的实验准备工作，让学生深度参与到实验整个环节中去；综合创新实验依托导师制引导综合设计与创新，将学生带入导师实验室，以科研实验室为平台，开展综合性创新活动。②拓展资源广度，引入数智建设。师生共建教学案例库，增加教学的多样性；利用校区虚拟仿真实验平台，企业研究院共建实验平台，导师创新工作室，助力教学实验拓展，打造上百个教学实验实践项目库；利用AI赋能实验教学。③丰富教学形式，提升课堂活跃度。改变教师“一言堂”知识传授型教学模式，提升学生在课堂教学中的参与度，通过课前以小组任务、文献调研、实验方案设计、方法讨论、课中以翻转课堂模式对单元操作进

行讲解和演示，创设问题情境引导学生对实验过程中的复杂及挑战性问题进行深度探究。引入实践环节，师生协同创新，牵引学生了解本领域科技和产业发展中的“真问题”，为能力赋分。目前已获批两期师生协同创新课题，连续多年参加全国大学生化学实验创新设计大赛，并取得优异成绩。

④升级教学内容，融入思政元素。将实验与理论、思政、专创、科研有机融合，培育知识、能力、素养全方面发展的卓越人才。在此背景下，教学团队通过学习讨论、实践摸索、个人总结等方式，将全新的教育理念与实验内容有机融合，同频升级实验知识、方法和技能，去除如“铅铋的连续滴定”等环境负担重的实验内容，引入趣味安全专题，增设具有挑战性、高阶性的综合类和新创类实验项目，将科学精神、环保意识、社会责任感、创新精神、实验安全理念、实事求是精神具象化引入教学，促进学生综合素质的全面提升。综合创新实验教学模式如图2所示。

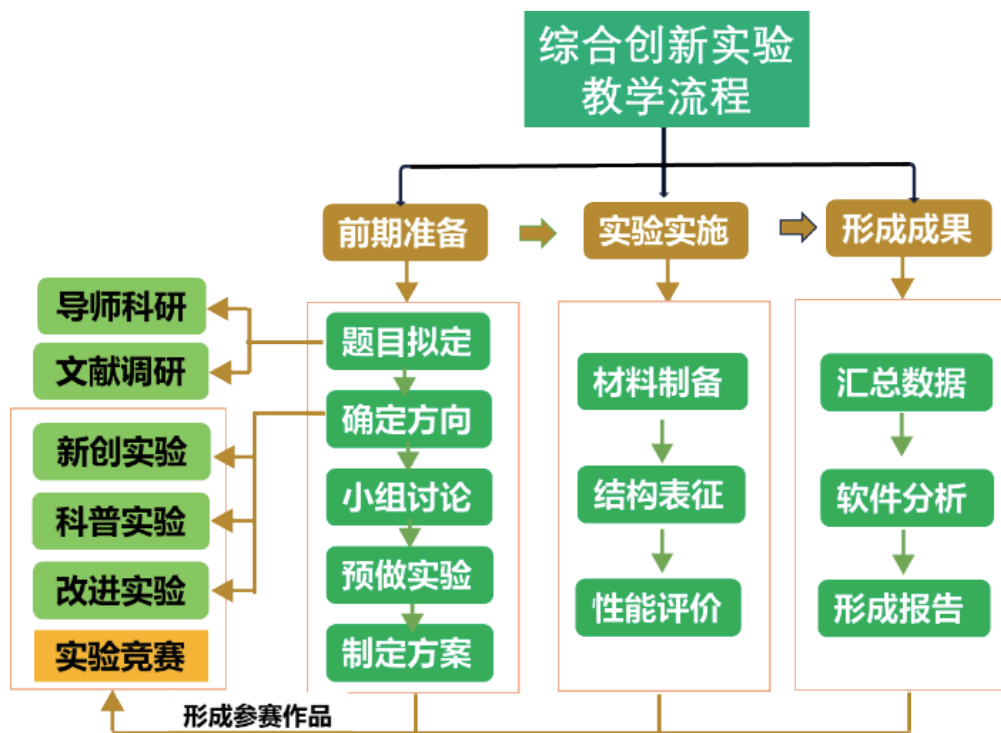


图2 综合创新实验教学模式

1.3 评价模型建设

美国教育家斯塔费尔比姆提出 CIPP 评价模型，该教育评价模型突出以决策为中心，本研究在此基础上构建了基于“CIPPV”模型的实验化学课程评价体系^[5]。该体系包括背景评价、输入评价、过程评价、结果评价、增值评价5个一级指标，下设12个二级指标及若干三级指标，根据指标详情设立评价构成，建立数据支撑，实现可量化、动态性、全过程的评价模型。模型实施依托实验化学理论与实践的融合设计，基于课堂翻转、实验设计、单元操作

考评、PBL等教学活动的开展，依靠问卷分析、调研反馈、成果分析等分析手段实现课程内外的全过程评价。课程初步评价体系如图3所示。这种多元评价机制，重视过程考核，从情感态度、动手能力、分析和解决问题方法技能的水平、团结合作、语言表达、实践创新等方面逐一对学生进行评价，打破单一评价模式，对学生进行多方面、多层次、认真公平的考核，将学生实验前、实验中、实验后等不同阶段、不同形式的能力表现赋分体现，使每个学生都能发挥其主观能动性，在实验各环节展现自己的优势。

基于CIPPV的化学实验类课程评价体系



图3 基于CIPPV的化学实验类课程评价体系

此外，评价环节除了给学生一个分数上的认定与区分，还要在语言和行为等形式上给学生一个中肯的建议或意见，从而引导学生自主学习、主动进步。（1）课程开展之前以问卷形式调研学生对本门课程的心理预期、已有知识、科研素养；（2）学生在课程终结后填写课程调研报告，即是审视自己对学习任务的完成情况也是评价老师乃至教学模式的过程。（3）教师根据学生活动做出了相应主观评价，如教师展出优秀作业及小组活动作品所形成的引导性评价，教师在QQ群中学生开展的匿名提问及解答活动中点赞和点评形成的鼓励性评价，教师根据学习数据对分数较低的学生发布教学预警所形成的警告性评价。

2 结语

化学实验兼具理论性与实践性，可以弥补理论课程中理论与实践的脱节缺憾，是最体现

实践性和应用性的课程。实验化学课程改革的主要作用及意义如下：①化学实验课程采用“四步进阶”体系，摒弃了传统实验化学课程重基础、轻创新的固有弊端，打破了常规实验操作中严格程序规范下对学生创造性思维的束缚，摆脱了常规设计实验中为便于管理而实施的“伪探索”模式的桎梏。②“四步进阶”体系力求在“初级化学实验”实现培养安全理念和掌握基本操作技术，在“中级化学实验”中形成测量与合成实验的系统思维与实践能力，在“高级化学实验”中深化高精尖仪器设备的使用方法及对测量实验的设计能力，在“综合创新实验”中促进知识迁移与运用，培养科研实践能力。③在培养过程中，课程体系与教学模式辅助学生将知识内化于心外化于形，逐步培养学生的操作能力、观察能力、高阶思维能力及创新能力。让学生经过四个阶段的课程参与过程，成长为科研与实践的专业人才。

参考文献：

- [1] 张树永. 我国化学拔尖人才培养的进展、问题与未来建设重点 [J]. 中国大学教学, 2023, 10: 8-12, 18
- [2] 俞寿云, 章文伟, 邓顺柳等. 化学“101 计划”基础化学实验课程建设的思考与实践 [J]. 大学化学, 2024, 39 (10): 52-57
- [3] 陈洪燕, 侯雅君, 胡水等. 化学“101 计划”合成化学实验课程建设 [J]. 大学化学, 2024, 39 (10): 58-63
- [4] 吴伟泰, 张来英, 淳远等. 化学“101 计划”化学测量学实验课程设计 [J]. 大学化学, 2024, 39 (10): 64-68
- [5] 奚颖, 崔岩, 屈菲菲. CIPP 模型下陕西应用型本科高校双创实践教学动态评价体系构建研究 [J]. 陕西教育, 2026, 7: 73-75

作者简介：代瑞慧（1989.12—），女，满族，河北沧州人，硕士研究生，讲师，研究方向为天然产物提取与分离。

项目信息：河北省教育厅，河北省高等教育教学改革与实践项目（项目编号：2025GJJG123）。