

“四新”建设视域下无机化学“理实融通，驱动创新”的混合式教学模式研究与实践

胡芳东，姜晓蕾*

临沂大学化学化工学院，山东 临沂 276000

摘要：为了满足对人才的需求，并融入“四新”建设，构建了“理实融通、驱动创新”的混合式教学模式，使教书育人相得益彰。根据无机化学课程的特点，通过重构课程内容和建设资源库、创新“一互通、三融合、二反思”的教学方法、建立“三位一体”的考核评价机制以及创建全新创新实践活动等多项举措，将创新创业教育与课程教学深度融合。“理实融通、驱动创新”的教学模式让学生掌握专业知识的同时，强化了学生的科学素养、创新思维和科研能力，支撑“四新建设”。

关键词：无机化学；教学改革；人才培养；创新实践

中图分类号：G64；O641

Research and Practice of the “Integration of Theory and Practice Drives Innovation” Teaching Mode in Inorganic Chemistry under the Background of “Four New” Construction

Fangdong Hu, Xiaolei Jiang *

School of Chemistry and Chemical Engineering, Linyi University, Linyi 276000, Shandong Province, China.

Abstract: To address the increasing demand for skilled talents and to foster integration into the development of the “Four New” areas, a blended teaching model that harmoniously combines theoretical knowledge with practical application to promote innovation has been established, thereby enhancing the synergy between teaching and mentoring. Specifically designed to suit the unique needs of the inorganic chemistry curriculum, this method intricately weaves education in innovation and entrepreneurship with conventional academic instruction through a variety of strategies. These strategies encompass the redesign of course content, the creation of a comprehensive resource repository, the adoption of innovative teaching methodologies characterized by “one interconnectivity, three integrations, and two reflections”, the implementation of a holistic “trinity” assessment and evaluation system, and the initiation of pioneering innovative practice activities. This pedagogical model empowers students to not only grasp professional knowledge but also significantly enhances their scientific knowledge, innovative thinking, and research capabilities, making a substantial contribution to the “Four New” construction initiative.

Key Words: Inorganic chemistry; Teaching reform; Talent cultivation; Innovative practice

收稿：2024-02-02；录用：2024-03-11；网络发表：2024-03-26

*通讯作者，Email: jiangxiaolei@lyu.edu.cn

基金资助：山东省本科教学改革研究项目(Z2023046)；山东省高等学校课程思政教学改革研究项目(SZ2023008, SZ2021012)；临沂大学教改项目(JG2023Z06, T2021SZ004, JG2021M09)

教育部于2017年正式推出了“四新”建设，以交叉融合再出新为特色，成为推动高校专业和课程改革的重要理念和手段^[1,2]。化学、数学和物理学作为工学、农学和医学专业的学科基础，也是文科类专业学生科学素养的关键组成部分，能够激发学生的科研思维和创新能力，在各专业的“四新”建设中起到重要作用。就化学领域而言，已经取得了一些进展，例如新设立“四新”专业、开展“四新”微专业、对现有课程体系进行“四新”改革等。

为了满足“四新”建设对人才的需求，首先需要转变人才培养模式，从以知识为导向向以能力为导向，再逐步向以创新为导向的模式转变。作为人才培养的基本单位，课程推动符合“四新”育人要求的理念和方法的革新是一项基础、困难但重要的工作。它承担着推动教育改革、促进学生综合素养发展的重要责任。目前就涉及化学与“四新”建设相关的论文而言，大多数关注点集中在课程教学内容和教学方法改革上^[2]。需要注意的是，一些研究者未充分考虑新目标、新理念和新要求，过于简单地将培养复合型人才、校地校企合作以及培养学生的创新能力和工程意识归类为“四新”，而未考虑到更广泛的新目标、新理念和新要求^[3,4]。

作为化学类专业本科生的第一门专业基础课，《无机化学》课程担负着激发学生对化学学习兴趣的重任。但目前无机化学教学尚存在许多问题：(1) 无机化学课程的教学内容缺乏和“四新”建设深度融合。(2) 教学缺乏实质创新，缺少有效衔接。(3) 理论教学与实际应用脱节，缺乏有效结合。(4) 课程评价方式单一，缺少对接“四新”的考核标准。针对无机化学教学存在的问题，国内很多教学团队进行了探索与改革，举例来说，武汉大学胡锴团队将结构主线贯穿于教学始终，树立知识的整体观，构建知识网络，根据“适用”和“本质”原则在内容选择上帮助学生更好地理解化学本质、感受化学魅力，掌握学习化学的思维方式，提高知识应用能力^[5]。大连理工大学胡涛教学团队在将信息技术与高等教育深度融合的基础上，通过智慧教学软件等信息技术助力教学模式创新，实现以学生为中心，培养高素质创新型人才的教学目标^[6]。朱宇萍教学团队通过启发式探究式教学模式，引导学生进行探究、分析、推导、创新和修正，从而清晰地认识到知识的前后逻辑关系，培养科学辩证思维能力^[7]。

在“四新”建设背景下，对无机化学课程的教学仍处于探索阶段，基于前人的改革成果，本文从重组课程内容和建设资源库、课堂教学、评价体系、课后拓展等方面构建“理实融通、驱动创新”的教学模式(如图1)，培养学生的创新创业精神，全面提升学生的综合素质，对标“四新”建设所具备的能力。

1 重构课程内容和完善资源库

让·皮亚杰认为，人类的思维发展与知识建构有内在的关联，建立知识体系的时候，也是思维发展的过程^[8,9]。因此，笔者将无机化学课程的内容“以结构为主线”，重构为4个模块(图2)，体现“基础知识-结构理论-实践应用”3个层次，与“知识、能力和素质”的课程目标相一致。这样的课程内容构建，能够与学生的思维发展统一起来，使其快速建立起知识体系。与此同时，追踪化学学科研究前沿，将最新的研究成果融入课程，让科研反哺教学，以激发学生的创新意识。而这部分内容也是很好的思政元素，帮助学生形成科学探索和思维严谨精神。此外，我们借助云班课平台，构建了丰富的课程资源库，将课程内容进行多维度扩展。在资源库里引入了科学前沿、社会热点和工程案例等内容。例如，每年诺贝尔化学奖的研究成果，能源、材料、信息、生命科学和环境科学等领域的研究热点等。资源库中还放置有知识体系的思维导图，增添“头脑风暴”小课堂，由教师设置主题讨论，学生在辩论中更好地理解理论知识。学生还可以在资源库中找到无机化学实验课上录制的趣味小视频，如硅酸盐的性质(水中花园)、碘化铅的性质(“黄金雨”)及金属铝的性质(烧不着的棉花)等趣味实验，以增强他们的个性化发展需求并更好地将理论知识运用于实践。教师可以通过资源库的后台功能实时监控学生对资料的浏览情况以及他们是否完成了指定的任务，这一环节使教师能够及时获悉和掌握学生的学习进展。

预习和复习过程中的问题，及时调整教学计划。在课堂上，教师根据教学内容创设情境，实现基础知识与前沿成果融合，理论与具体实践融合，课程内容与课程思政融合的“三融合”教学设计，为学生建立批判性思维，开拓创新思维，强化思政育人，实施精准教学(图3)。针对学生在平台上提出的疑问，教师在课上作出解答并通过相关练习题帮助学生加深理解，从而巩固核心知识点。重构师生角色，以问题驱动学生思考，开展翻转课堂，师生讨论，生生辩论等活动，使课程内容具有“高阶性”。教学过程中根据相关知识点，引入对应案例，以“细无声”的方式“润思政”，培养学生家国情怀，民族精神，绿色理念等。课后，教师和学生进行共同反思，教师根据课程实施过程中遇到的问题及学生的评价和反馈，进一步优化教学内容和方法，更好地体现“两性一度”，确保教学质量的持续提高。学生对教师所讲的知识查漏补缺，及时联系，夯实基础理论。另外，在兴趣的驱动下，进入教师课题组进行科研训练并参加相关学科竞赛，实现知识的应用与自身素质的提升。“二反思”环节不仅使学生对知识有了更深入的理解，同时也提升了教师自身的教学能力。

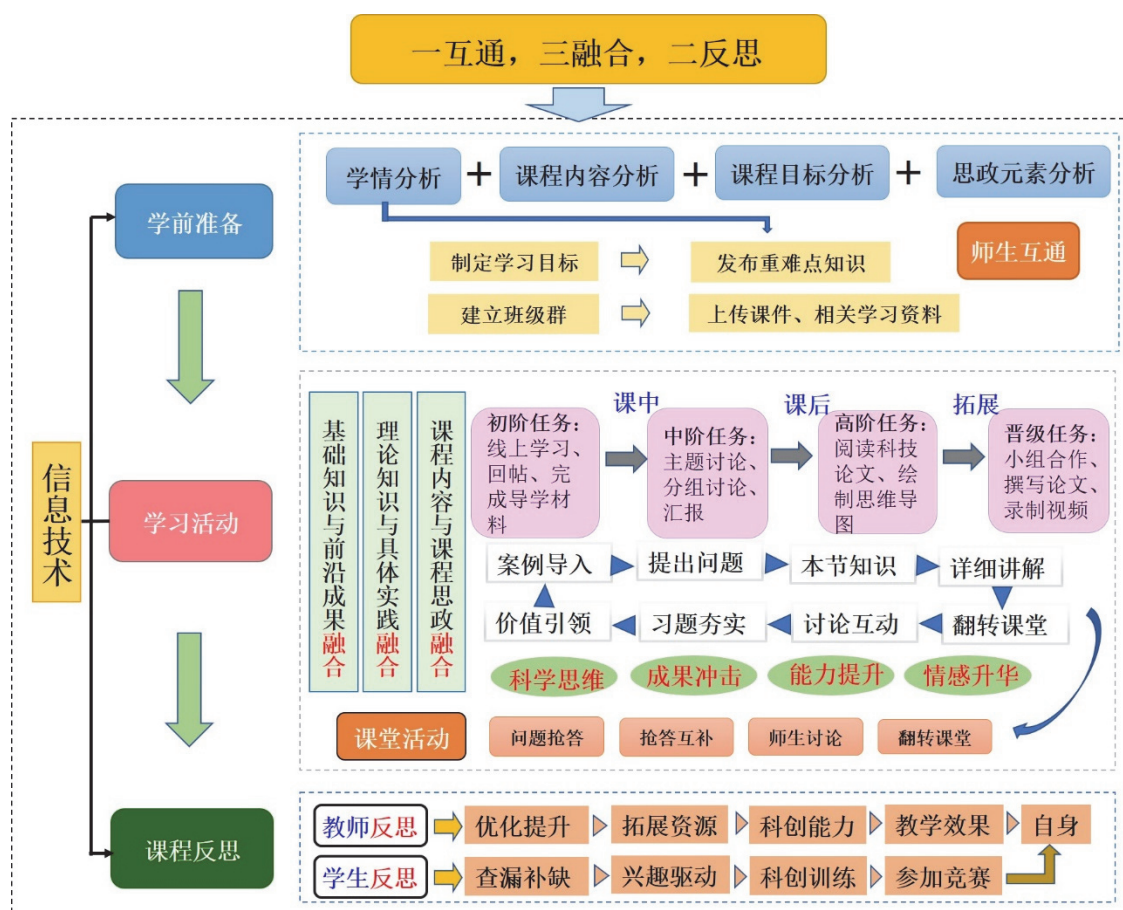


图3 “一互通、三融合、二反思”的教学方法

举例来说，如图4所示，教师以普鲁士蓝的故事作为案例引入，普鲁士蓝是第一种现代合成颜料，普鲁士蓝是第一种现代合成颜料，最初是在1706年由一名涂料制造商偶然合成的，后来被用作军服染料，并很快受到艺术家的喜爱，比如梵高的《星夜》^[11]。通过一系列问题的设计，如“普鲁士蓝的结构如何”“在骨架中为什么Fe(II)与C相连而Fe(III)与N相连”“ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 与 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 的氧化还原性如何”“能不能通过理论计算说明”“能不能通过实验比较”等等，教师进一步介绍普鲁士蓝的结构并夯实理论基础，同时引导学生思考。其实，普鲁士蓝也是一种金属有机框架(MOF)材料，

为学生介绍当下时髦材料MOF及其有关应用和研究进展。但普鲁士蓝的应用远不止于此，普鲁士蓝化学名为亚铁氰化铁，在谈氰色变的人看来，这种蓝色物质可能会有不为人知的毒性。然而，普鲁士蓝却是一种功效极佳的解毒剂，常被用来治疗铊中毒和放射性铯中毒^[12]。在医疗领域，普鲁士蓝纳米粒子可用于肿瘤治疗^[13]。在储能领域，宁德时代第一代钠离子电池便采用了普鲁士蓝类材料作为正极材料^[14]。此外，普鲁士蓝基于过氧硫酸盐的类Fenton高级氧化技术可用于废水净化。基于此，学生在教师的指导下，通过简单、温和的合成方法制备了纳米球状的普鲁士蓝类似物 $K_2CoFe(CN)_6$ 并利用其催化过氧单硫酸盐分解生成活性氧，以有效降解亚甲基蓝(MB)。学生分组探索了体系不同温度、pH、钴铁比对降解MB效率的影响。学生进行了分组实验，探索了体系不同温度、pH和钴铁比对降解效率的影响。最后，学生根据实验结果撰写了题为《与星空相遇—走进普鲁士蓝的奇妙世界》的科技论文。这样的教学设计将理论知识转化为具体实践，让学生真实地感受到化学的魅力，并增强了科技报国的意识。最后，教师补充了一个有关我国历史的知识点，即我们国家最早出现的配合物是周朝时期使用的一种红色染料，比普鲁士蓝的发现早了2000多年。通过在课程中补充这样具体且有趣的历史知识点，教师不仅丰富了学生的学习内容，也提升了他们的人文素养，同时增强了学生对民族的自豪感。这种方式的知识增加不仅能够促进学生的全面发展，还有助于推动符合“四新”育人要求的课程理念和方法的革新。

图4 配合物章节中有关普鲁士蓝知识的教学设计

3 深度融合创新创业教育与课程教学

古人云“欲致其高，必丰其基；欲茂其末，必深其根。”要想提升我国原始创新能力，就必须加强学生的基础研究能力^[15]。为此，我们着眼于无机化学课程，并构建了一套贯穿教学全过程的“三层次三模块多单元全过程”创新创业实践活动(图5)，将创新创业教育融入课程教学中：(1) 按照“基础实践-专业综合-创新提升”的层次递进顺序，设立了基础实验、综合实验和创新实践三个模块作为主要内容。每个模块下还有多个训练单元，以激活学生的第二课堂学习；(2) 每个章节设置相应的基础实验和虚拟仿真练习，通过网络实验辅助平台，提升学生实验操作水平；(3) 以团队合作的方式，进行创新创业项目和大学生科技竞赛。鼓励学生担任教师的科研助理，锻炼学生的创新创业能力。这些项目和相关的科技竞赛融理论和技术为一体，提升了学生的科研素养、创新精神和实际动手能力。同时，有效解决了课堂教学与实际生产和生活的脱节问题，真正将创新创业教育贯穿于无

机化学课程的整个教学过程中。

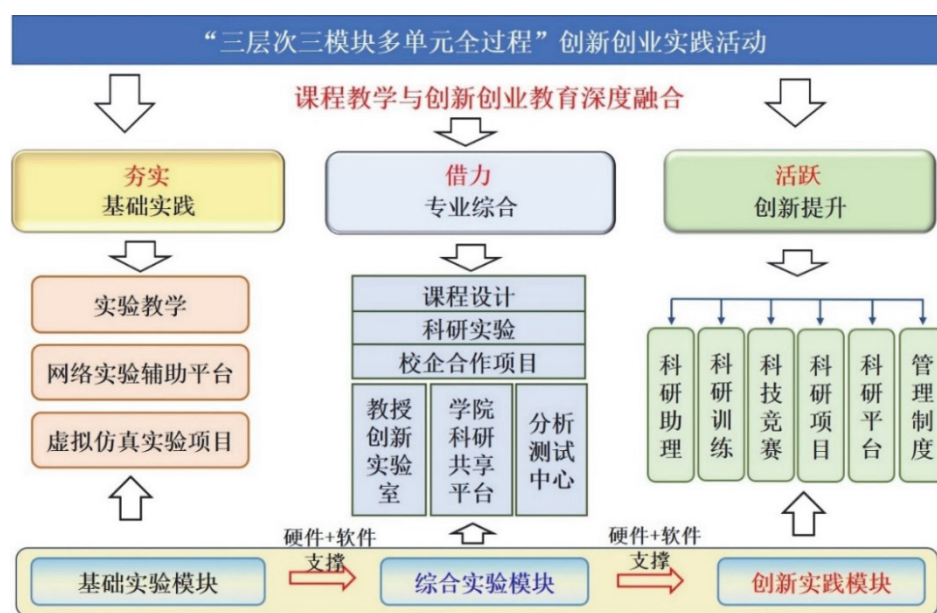


图5 “三层次三模块多单元全过程”创新创业实践活动

4 建立多维度的考核评价机制

以评促教、以评促学是教学评价和考核评价的初衷，我们需要彻底改变“一张试卷定乾坤”和仅以主讲教师作为评价主体的评价方式，积极推行多元化的考核评价方式。本课程采用了过程性考核、实践考核和终结性考核相结合的方式。除了评估学生对基础知识和基本理论的掌握情况外，我们更注重评价学生应用所学知识分析和解决实际生产和实验中遇到的问题能力。总评成绩包含线下成绩、线上成绩和期末成绩三个方面。线下成绩包括课堂表现、小组研讨作业、科学引文索引(SCI)文献辨析、论文撰写、项目式创新实践训练成绩等，这些将为创新创业教育与课程教学融合的探索提供科学依据。线上成绩包括小组任务、课程视频学习、随堂测验、思维导图等，注重组间评价、组内评价和学生自我评价等多维度的评价方式，促进学生全面发展。通过这种方式，我们能够更全面地了解学生的学习情况，并激励学生在不同层面上的积极参与和学习成果的展示。这样的评价方式不仅有助于培养学生的创新能力和实践能力，还能提高教学效果和学生的综合素质。

5 教学反馈与效果

课程结束后，我们通过采用匿名问卷和课程评价系统的方式，收集学生对课程的反馈和建议。调查主要涵盖学习兴趣、教学内容、教学方法、能力提升和价值塑造等五个方面。结果显示，高达99%的学生认为我们采用的混合式教学改革对他们的学习能力和创新创业能力有着显著的促进作用。在学习兴趣的驱动下，每年都有学生积极参与并主持国家级、省级、校级大学生创新创业训练计划项目，为他们提供了实践和展示自己能力的平台(图6)。他们荣获第三届全国大学生化学实验创新设计大赛全国总决赛二等奖1项，第三届全国大学生化学实验创新设计大赛华北赛区一等奖2项，三等奖1项；获得山东省第九届“互联网+”大学生创新创业大赛银奖1，铜奖3项，第十四届山东省大学生化学实验大赛一等奖2项，二等奖1项等多个奖项。近五年，本科生发表论文近20篇，其中核心期刊及以上5篇。同时，教师团队的教学研究能力也得到逐步提升。近三年来，他们主持了省级教改项目3项，荣获省级教学成果奖二等奖1项等。这些成果充分证明了本课程混合式教学模式改革对学生和教师的学术和创新能力的提升具有积极且显著的影响。通过学生的肯定和教师团队的努力，

这一混合式教学模式为学术发展和创新能力的培养提供了有力支持，为培养具备创新精神和实践能力的人才做出了积极的贡献。



图6 多渠道获取教学评价及部分学生获奖与发表的论文和公众号推文

6 结语

本文紧紧围绕如何在“四新”背景下进行无机化学课程教学改革与实践这一问题展开，通过优化课程内容，丰富课程资源，提高课程高阶性；构建“一互通、三融合、二反思”的教学方法，突出课程创新性；实行“三层次三模块多单元全过程”创新创业实践活动；加强过程性考核评价，建立多维度的考核评价机制，增加课程挑战度等举措，创建了“理实融通，驱动创新”混合式教学模式，使教书育人相得益彰。在整个教学全过程中，我们有效地融入“四新”理念，形成鲜明的专业课程特色，培养了学生的科学思维、学科素养和创新创业能力，实现知识传授、能力培养、价值塑造深度融合。

参 考 文 献

- [1] 张树永, 朱亚先, 郑兰荪, 霍冀川, 宋丽娟, 徐华龙. 高等工程教育研究, **2021**, *3*, 21.
- [2] 张树永, 丁玉强, 杜凤沛, 苑世领, 郭今心, 朱亚先, 霍冀川, 龚良玉, 陈春霞, 王芬, 等. 大学化学, **2023**, *38* (3), 1.
- [3] 张树永, 朱亚先, 霍冀川, 宋丽娟, 徐华龙, 郑兰荪. 大学化学, **2020**, *35* (10), 6.
- [4] 高欣峰, 林世员, 郑勤华. 现代远程教育, **2019**, *3*, 65.
- [5] 胡锴, 蔡苹, 程功臻. 大学化学, **2018**, *33* (9), 47.
- [6] 胡涛, 鲍浩波, 孟长功, 赵珺, 于永鲜, 王慧龙, 陶胜洋, 刘淑芹. 大学化学, **2018**, *33* (11), 1.
- [7] 朱宇萍, 覃松. 化学教育(中英文), **2020**, *41* (24), 25.
- [8] 张沿沿, 冯友梅, 顾建军, 李艺. 电化教育研究, **2020**, *6*, 33.
- [9] 张钰, 张茂林. 大学化学, **2023**, *38* (3), 80.
- [10] 张树鹏, 董伟, 郝艳霞, 朱俊武, 黄茹. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (10), 41.
- [11] 黄婧. 基于类普鲁士蓝衍生物催化微马达的制备及其在环境修复中的应用[硕士学位论文]. 南京: 南京邮电大学, 2022.
- [12] 赵伟. 基于中空普鲁士蓝构建的多模式纳米制剂及其在抗肿瘤和创伤修复中的应用研究[硕士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2022.
- [13] 闫佳昕, 左朋建. 中国科学: 化学, **2022**, *52* (10), 1747.
- [14] 唐荣, 茅苏楠. 生态与农村环境学报, **2020**, *36* (6), 811.
- [15] 张帅华, 唐然肖, 陈晓翠, 蒙涛, 魏秋红, 吴秋华, 王春. 大学化学, **2022**, *37* (8), 2203052.