

“元素无机化学”研究生课程建设及混合式教学实践

张欢*, 蒲琳钰, 王伟, 戴亚堂, 黄旭

西南科技大学材料与化学学院, 四川 绵阳 621010

摘要: 为培养高素质研究型创新型人才, 对研究生课程“元素无机化学”的课程资源建设和教学模式改革进行了探索与实践。主要举措包括重构分层知识体系、建设多维课程资源、推进线上线下混合式教学、实施全程多维评价、深度融入课程思政。多措并举, 提高了学生自主学习、拓展学习、交互学习的能力, 实现了“知识传授、能力培养和价值引领浑然一体”的人才培养目标, 提升了学生的综合素养和科技创新能力。

关键词: 元素无机化学; 课程建设; 混合式教学; 多维评价; 课程思政

中图分类号: G643; O611

Curriculum Development and Blended Teaching Practice in the Graduate Course on Elemental Inorganic Chemistry

Huan Zhang*, Linyu Pu, Wei Wang, Yatang Dai, Xu Huang

School of Materials and Chemistry, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan Province, China.

Abstract: To cultivate high-quality, research-oriented, innovative talents, significant efforts have been made to develop the course resources and reform the teaching models for the graduate course “Elemental Inorganic Chemistry”. Key initiatives include reconstructing a hierarchical knowledge framework, developing multi-dimensional course resources, promoting blended teaching that combines online and offline elements, implementing comprehensive multi-dimensional assessments, and deeply integrating ideological education into the curriculum. These measures have enhanced students' capabilities in independent learning, knowledge expansion, and interactive learning. The integrated approach of imparting knowledge, cultivating skills, and leading values has successfully raised students' overall competencies and capabilities for scientific innovation.

Key Words: Elemental inorganic chemistry; Curriculum development; Blended teaching; Multidimensional evaluation; Ideological education

化学、化工、材料领域的科技创新是我国迈向制造强国、科技强国的基本保障之一, 这些专业领域的研究生是当前或今后推动科技创新、推动行业快速发展的重要力量, 因此为化学、化工、材料领域培养德才兼备的研究生具有重要意义。在研究生培养过程中, 课程学习环节是研究生获取本学科基础理论和专业知识的重要途径, 高质量的课程学习有助于提高研究生的学术素养、科研能力及创新能力, 在研究生成长成才中具有基础性作用^[1-3], 因此如何提升研究生课程教学质量是研究生培养环节中的重要一环。

“元素无机化学”是化学、化工、材料专业研究生的一门专业教育课程, 课程的基础知识和拓

收稿: 2024-02-01; 录用: 2024-04-15; 网络发表: 2024-04-25

*通讯作者, Email: zhanghuan@swust.edu.cn

基金资助: 四川省 2021–2023 年高等教育人才培养质量和教学改革项目(JG2021-876); 四川省第三批“三全育人”综合改革试点建设院系(川教函〔2023〕18号); 西南科技大学教育教学改革与研究项目(22xn0002); 西南科技大学教育教学改革与研究项目(22xn0091)

展知识不仅紧密联系无机化工，还与关键核心技术、能源和资源的开发利用、生态环境保护等息息相关，与国家发展战略关系密切，选课研究生的研究课题往往是在无机元素化学知识基础上的升华与创新，因此，“元素无机化学”课程教学对研究生培养的作用不言而喻。

近年来，我校“元素无机化学”课程组以“科技是第一生产力，人才是第一资源，创新是第一动力”^[4]为指导思想，在课程资源和教学模式方面进行了积极探索，力求实现“知识传授、能力培养和价值塑造的有机统一”，为培养高素质研究型、创新型人才打下良好基础。

1 课程建设与教学实施的理念及思路

课程结合研究生的知识基础及学科和专业研究方向，从知识体系重构、丰富线上线下课程资源、改革教学模式、改革评价方式、深度融入课程思政等方面进行课程建设和教学方式改革，基本思路如图1所示。

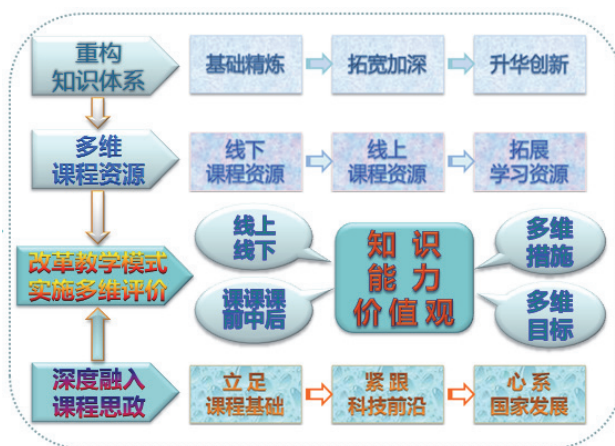


图1 “元素无机化学”课程建设和教学改革基本思路

研究生课程教学质量的提升主要取决于课程建设和教学实施过程两个层面的努力。一方面，课程资源是教师教学和研究生自主学习的模本，丰富的课程资源能为研究生多元化的学习模式提供有力支撑；随着信息技术的快速发展，学习方式和教学模式应与时俱进，课程资源数字化、网络化是现代教育发展的必然趋势，因而为促进教学质量的提升和高素质创新人才的培养，网络学习资源的开发成为课程建设的重要部分。另一方面，改革教学模式和考核方式是促进研究生高效学习、提升能力、孕育创造性的重要手段，因此在建设课程资源的同时，不断优化教学模式和课程考核方式，才能真正提高研究生的课程教学质量。同时，在课程资源和教学过程中深度融入课程思政，才能激励学生为实现“制造强国、科技强国”而踔厉奋发、勇于创新。

2 重构分层知识体系，建设多维课程资源

课程教学内容和课程资源的适应性、前瞻性是提高研究生课程教学质量、培养高素质研究型创新人才的根本保证。在学生知识基础差异大、学时少、知识点多的情况下，既要让研究生获得扎实的基础知识，还要促使研究生拓展知识的广度和深度，让其所学知识跟上日新月异的学科前沿和社会经济发展，必须重构知识体系，建设多维课程资源。

2.1 重构分层知识体系

根据选课研究生的学科特点、专业方向和研究生培养目标及课程目标，结合学生元素化学知识基础的差异性，课程组教师多年来不断调整和取舍，逐步形成了基础精炼、拓宽加深和创新升华三个层次的知识体系，如图2所示。



图2 “元素无机化学”课程分层知识体系图

◆ **基础精炼**：重组《无机元素化学》教材^[5]中的重要基础知识，精炼s区、p区、第一过渡系及f区元素中的重要单质及化合物的相关知识点，主要面向元素化学知识比较薄弱的跨专业研究生，辅助学生弥补基础元素化学知识。

◆ **拓宽加深**：在学生拥有扎实基础知识的基础上，拓展广度和深度。精选《中级无机化学》^[6]、《高等无机化学》^[7]教材中的元素化学知识，如冠醚配合物、超分子化学和自组装、无机碳化学、无机高分子、重过渡系元素、有机金属化合物、稀土元素性质递变规律、核化学等，并运用无机化学和结构化学的相关理论进行分析讨论，使无机元素化学知识范围扩大、深度加深。

◆ **创新升华**：教师和学生从教材之外的渠道获取学习资料和信息，结合学科和行业发展，突出创新。一方面，注重学科交叉和渗透，充分体现元素无机化学与电子信息、生命、材料、环境、能源、地球、空间和核科学等新兴学科的理论和技术相互融合及催生的大量新兴科技；另一方面，紧密联系国家发展目标，拓展到可持续发展、绿色化学、新能源技术、“双碳”目标、关键核心材料等新兴领域，这些密切相关“学科前沿、行业进展、国家发展”的拓展知识使元素无机化学知识得以升华。

“基础精炼→拓宽加深→创新升华”分层知识体系既有利于基础知识水平不同的学生自己把握学习进度，也有利于学生循序渐进地学习和提升，由基础到升华，使学生所学的知识越来越贴近自己的研究方向或课题，也越来越贴近学科前沿、贴近国家发展战略、贴近与“新质生产力”密切关联的科技创新领域。

2.2 建设多维课程资源

在“元素无机化学”教学过程中，经授课教师多年探索，不断丰富、积淀、优化和拓展，逐步形成了多维“元素无机化学”课程资源，如图3所示。



图3 “元素无机化学”多维课程资源图

◆ 线下课程资源：以优质教材为基础，以“创新升华”层次为指引，精选无机元素知识，优化教学课件，挖掘和提炼典型教学案例，形成线下课程资源。线下课程资源不仅适用于课堂教学，还是学生自学的重要参考。

◆ 线上课程资源：充分发挥“互联网+”的优势，利用超星泛雅平台自建小规模限制性在线课程 (Small Private Online Course, SPOC)^[8]，设置知识要点和基本要求、基础知识、教学课件、章节作业 (测试)、讨论话题、拓展文献等板块，对学生课前、课中、课后的学习提出要求，提供在线自学的模块化知识，提供检验学习效果的测试(作业)资源，提供在线讨论题目或线上线下主题讨论话题，使元素化学知识基础不同、研究方向不同的学生的学习更具选择性，并强化交互式学习。

◆ 拓展学习资源：将学习资源的获取拓展到更广阔的空间，如听学术报告、阅读学术期刊、浏览学术数据库和网络信息等。教师提出基本方向和要求，学生从多渠道获取关联课程知识的学科和专业进展以及国家发展、科技发展资信。拓展资源不仅突出学科和专业特色，也充分体现学科交叉，并与科技进步、社会发展紧密联系，使学生站得更高、看得更远、思考得更多，促进学生将元素化学知识与自己的研究方向相结合，逐步实现创新和升华。

多维课程资源为学生提供了内容丰富、形式多样的学习资料，使学生获取知识的渠道多元化，能更好地保障了学生自主学、深入学、拓展学的需求，也适应了国家对科技创新人才知识储备的高要求。

3 建立线上线下混合教学模式，建立全程多维评价机制

3.1 建立线上线下混合教学模式

以培养“有知识、有能力、有正确价值观的研究型人才”为中心，充分发挥“互联网+”的辅助教学作用，结合传统(线下)教学模式的优势，将线下“自学+讲授+报告+讨论”与线上“自学+测试+交流+拓展”相结合，构建线上线下混合教学模式。学生利用线上线下学习资源，课前预习或查阅资料，课中听讲、做报告或讨论，课后测试及交流等。在教学过程中，以多维“措施”实现课程育人目标。

◆ 自学与讲授相结合。“基础知识”中的s区、p区以学生线上线下自学为主，而第一过渡系元素和f区元素的相关知识中，单质或化合物性质的内因(如结构因素、热力学因素等)是学习重点，教师则进行深入讲解，并在课后通过在线章节作业巩固所学知识。“拓宽加深”部分的知识主要由教师讲授，其中的重点内容因每届学生的研究方向或感兴趣点的不同而有差异，近年来主要重点讲授超分子、碳家族的单质及其复合物、重过渡系中的高温金属、金属有机框架构合物(MOFs)、稀土元素性质递变规律等，这些物质体系的性质和应用与其内部结构、热力学影响因素等的关联是学习难点，教师在讲授过程中进行启发和引导，突出重点，并深入剖析难点。

◆ 专题和案例教学。以元素化学知识为载体，设计与当下工业发展、科技创新、国家战略相关的案例或专题，凸显分层知识体系中的“创新升华”层次，如二氧化碳与“碳达峰碳中和”、重金属(汞、砷、铅、铬、镉等)污染与生态文明建设等。采用翻转课堂模式，学生充分研讨专题或案例，调动发散思维，领悟并践行案例、专题所承载的思想，增强使命感、责任感。

◆ 课堂报告和讨论。学生根据自己的兴趣或研究方向，查阅文献，自拟与课程相关的交流题目，制作PPT，结合行业发展和国家需求了解某些领域的研究成果和发展趋势。近年来学生的课堂报告内容广泛，如“双碳”目标、碳单质与新型碳材料、氢能源与储氢合金、锂离子电池与钠离子电池、无机元素与含能材料、无机元素与新型半导体材料、过渡金属化合物与超级电容器、MOF材料、新型无机催化剂、新型建筑材料、电磁屏蔽材料、放射性元素废水处理等。学生在课堂报告中分享并解答老师和同学的疑问，思维碰撞，相互启迪，开阔视野，增强了学生的自学和交互学习能力。

◆ 在线文献阅读和交流。学生除了利用SPOC课程资源进行在线学习和测试外，还可阅读教师的在线推送文献，展开在线主题讨论等，在线学习、交流不受时空限制，有利于拓展知识的广度和深

度,使协同学习、相互启迪更深入。

多项措施促进师生、生生形成学习共同体,充分发挥学生的主观能动性,学生不仅全方位地学习知识,还不断拓展学科、专业视野,并增强学习能力、思考能力、知识传递能力。

3.2 建立全程多维评价机制

学习效果评价机制对学生的学习具有导向作用,随着课程资源不断丰富、教学模式不断多样化,“元素无机化学”课程学习效果评价从过程学习与期末考试分别占30%和70%,到40%和60%,再到70%和30%,不断强化过程评价。在线上线下混合教学模式下,建立了“全程多维”评价机制,实施“平台评(测试、交流)、学生互评(课堂报告和思辨)、教师评(课堂报告和思辨、线上线下主题讨论)、期末考试相结合”的过程评价模式。例如,在课堂报告环节,教师评分(50%)和学生互评(50%)相结合,学生的提问、答问和拓展情况均计入成绩,能促进学生深入了解不同研究领域,进而可能获得对自己课题研究的启示。同时,考试试卷试题灵活,部分试题贴近化学、化工、材料领域的研究热点和国家的创新发展方向,凸显学以致用。“全程多维”评价模式提升了学生的学习、交流自觉性,促进学生深入探究,自觉提升综合素养。

线下“自学+讲授+讨论+报告”与线上“自学+测试+交流+拓展”相结合的全程全方位混合教学模式提升了学生的自主学习执行力和学习效率;“全程多维”评价机制促使学生自觉强化过程学习,使学生获取知识更广泛、更深入,学习能力迅速提升,更好地支撑学生进行科技创新。

4 深度融入课程思政,思想育人与知识育人、学科专业育人浑然一体

科技创新人才不仅要有扎实的知识较强的综合能力,还要有正确的价值观,而课程思政是研究生思想教育的途径之一,也是在研究生培养过程中践行立德树人根本任务的有效途径^[9]。研究生课程教学应紧跟学科前沿和国家需求,培养学生具备新时代中国特色社会主义思想、社会主义核心价值观和科学精神,具有家国情怀、社会责任感和职业道德,具备科学思维、探索精神、创新意识、使命感和个人担当^[10]。因此,在“元素无机化学”课程教学中,特别重视思政案例挖掘和课程思政育人模式的探索,使价值塑造与知识传授、能力培养有机统一。

课程针对化学、材料、化工等专业研究生的学科、专业背景,追踪世界科技前沿,紧跟国家发展目标,以“立足课程基础,紧跟科技前沿,心系国家命运”为指引,从融合度、启迪性、感染力三方面深入挖掘和提炼思政元素,尊重历史,与时俱进,确立思政案例四维度,即以唯物辩证法思想、元素知识的历史和进展为基石,拓展到学科及专业领域的现状和发展趋势,升华至国家命运和个人担当。无机元素知识是化学家创造性研究工作的积累和对科学规律的总结,其中蕴含的唯物辩证法思想能帮助学生树立科学世界观,提供解决科学问题的正确方法。元素知识的形成历程体现了科学认识论,激发学生原始创新,树立“大胆猜想、小心求证”的科学研究思想。元素知识关联学科或专业的现状和发展趋势,使学生领悟科学发展观、总体国家安全观、构建人类命运共同体等国家发展理念,认识到本学科、本专业在国家发展、人类进程中的重要地位,激发学科自信、专业自信和奋斗精神。利用国家近几十年高速发展中无机元素化学的应用实例强化学生的民族自豪感,激励学生以科学家为榜样,努力成为有担当的栋梁之才。

教学过程中逐步形成的30多个典型思政案例,分布于多维教学资源中,并深度融入线上线下混合教学模式中。课堂教学中,教师可由知识点直接引入或设问引导,如由化学、化工、材料领域的科研失信事件植入“捍卫科学道德,恪守学术规范”理念,由卡脖子技术和大国科技博弈强调“关键核心技术是买不来、讨不来的”。通过案例或专题的课堂翻转模式引入“双碳”目标、新能源革命、可持续发展、人类命运共同体、绿色化学等国家发展战略,使学生深入领会“创新驱动发展”的理念,激发学生求索创新、科技强国的使命感;联系国家70年发展的伟大成就和科学家的卓越贡献、家国情怀、科学精神,根植“个人发展与国家命运紧密相连”于学生内心。通过课堂报告和思辨,学生对相关研究方向了解更深入,对专业、学科和国家科技发展的目标更明确,视野更宽广,

思维更活跃,有助于创新思维的形成。在线推送的文献中,有与学科和专业密切相关的文献,有助于拓展学生的学科视野和专业视野,为学生科研创新提供新思路;有展示我国的发展理念和发展成就的文献^[11,12],有助于鼓舞和激励学生;在线交流和线上线下主题讨论中也融入思政元素,如2022级、2023级的在线讨论话题80多个,其中约30个融入了思政元素,既可交流课程知识,也可探讨与课程相关的学科、专业、社会热点问题;课程思政不仅融入学生的学习过程,还体现在期末试题和学生答卷中,使学生深入领会研究生阶段的课程学习和科学研究与国家创新发展息息相关。通过课内课外、线上线下、教师引导或学生主讲、充分研讨等形式进行深度课程思政,激发了学生的学习源动力、创新思维以及个人担当,从而提升学生的综合素养。

高质量的思政育人体系是培养高层次创新人才的必要条件^[13]。通过深度融入课程思政,进一步促进学生线上线下全程学习,激发学生的科研创新主动性,不仅形成良好的学习习惯,还将“理想信念、家国情怀、求索创新”落实到奋发进取的行动中,有利于培养“有理想、敢担当、能吃苦、肯奋斗”新时代高端科技创新人才。

5 育人成效

随着“元素无机化学”分层知识体系下的课程资源越来越丰富、线上线下混合式教学和全程多维评价模式的逐年完善以及思政案例的不断积累和应用,多种措施促使学生全程扎扎实实学习知识、提升能力和素质、开发创新思维。选课研究生力学笃行,积极投入科学研究,思维活跃,科研创新能力显著提升,不少学生在与“元素无机化学”密切相关的研究领域取得丰硕的创新性研究成果,部分学生发表了较高水平的研究论文或申请专利,一些学生获国家级、省级研究生奖学金或参加研究生创新创业大赛获奖等。

课程结束后,对全程参与课程学习的学生进行匿名问卷调查,结果显示,学生对课程资源和混合教学模式给予了充分肯定,如图4所示;学生也高度评价了教学过程中的主题讨论、课堂报告、课程思政对自己在学习、思想、能力等方面的提升作用,如图5所示。选课学生普遍认为:通过全程学习,拓展了视野、提升了能力、深入了解了自己的研究方向;学习方式灵活,知识多向延伸,有助于启迪创新思维;课程学习激发了专业自信、学科自信,对国家科技创新前景充满信心,愿将个人发展与国家命运紧密相连。

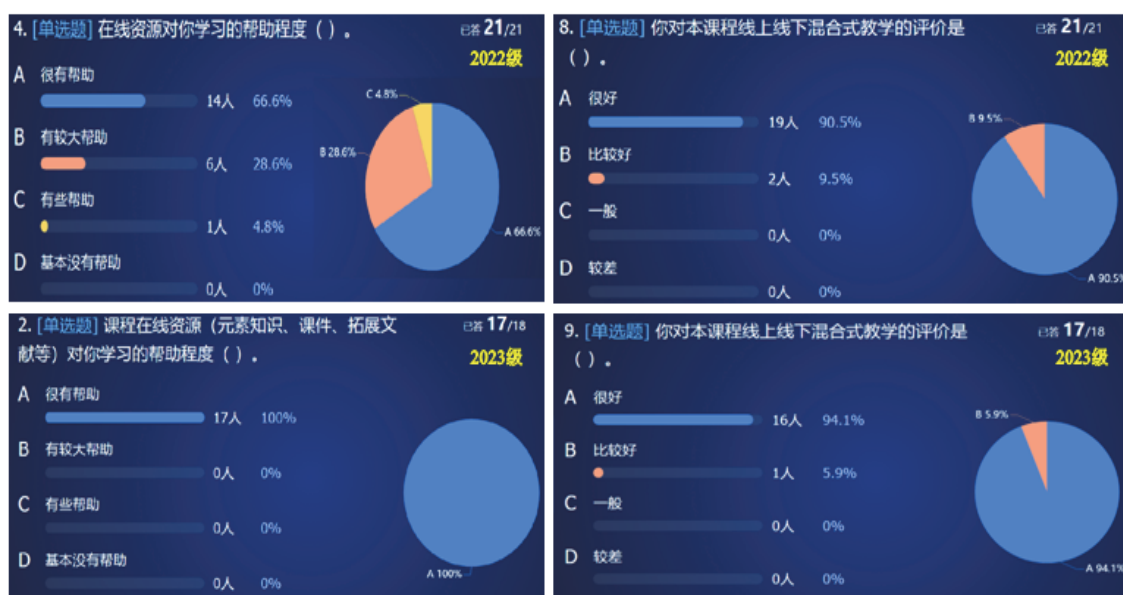


图4 学生对课程资源和混合教学模式的评价(2022、2023级)



图5 学生对主题讨论、课堂报告、课程思政、个人收获的评价(2023级)

6 结语

研究生课程教学是培养学生学习能力、创新思维和厚植“国家使命、个人担当”的重要环节和有效途径。为培养德才兼备的化学、化工、材料专业的高端科技创新人才,“元素无机化学”研究生课程的分层知识体系和多维课程资源相得益彰,凸显学科和专业特色,注重学科交叉,重视学科前沿和国家发展,突出创新;线上线下混合式教学与全程多维评价相辅相成,促进学生高阶学习、个性化学习,增强学生能力,拓展学生视野,为科研创新奠基;丰富的思政案例承载多元思政元素,深度融入课程教学,切实践行立德树人根本任务。“元素无机化学”课程资源建设和混合式教学使学生心怀“理想信念、国家使命”,踔厉奋发,勇于创新,为高素质研究型创新型人才的培养提供了思路。

参考文献

- [1] 教育部 国家发展改革委 财政部关于加快新时代研究生教育发展的意见 教研〔2020〕9号. [2022-09-10]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/s7065/202009/t20200921_489271.html
- [2] 谭伟, 石枫. 大学化学, 2024, 39 (6), 23.
- [3] 徐岚, 方颖, 吴圣芳, 陶涛. 学位与研究生教育, 2022, No. 6, 60.

- [4] 人民财评: 坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力. [2022-12-29]. <http://opinion.people.com.cn/n1/2022/1018/c1003-32547395.html>
- [5] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 第3版. 北京: 科学出版社, 2021.
- [6] 唐宗薰. 中级无机化学. 第3版. 北京: 高教出版社, 2022.
- [7] 陈慧兰. 高等无机化学. 北京: 高教出版社, 2005.
- [8] 张欢. 元素无机化学课程网站. [2024-01-30]. <https://mooc1-2.chaoxing.com/mooc-ans/course/221000733.html>
- [9] 曹镇玺, 孙志伟. 学位与研究生教育, **2022**, No. 6, 54.
- [10] 习近平主持召开学校思想政治理论课教师座谈会强调用新时代中国特色社会主义思想铸魂育人贯彻党的教育方针落实立德树人根本任务. [2023-08-30]. <http://news.cctv.com/2019/03/18/ARTIQfuAgYriqdIP8wfUzCe190318.shtml>
- [11] 能源的饭碗必须端在自己手里——论推动新时代中国能源高质量发展. [2023-09-01]. https://politics.gmw.cn/2022-01/07/content_35433511.htm
- [12] 天和、天舟、问天……中国空间站母港带你领略浪漫航天. [2022-10-22]. http://www.news.cn/2022-07/21/c_1128849847.htm
- [13] 牛丽红, 许华平, 于莹. 大学化学, **2024**, *39* (6), 7.