

科产教融合下“现代分析技术”课程改革与实践

温聪颖¹, 杜正坤², 卢玉坤¹, 王宗廷¹, 何化¹, 杨丽敏¹, 曾景斌^{1,*}

¹ 中国石油大学(华东)化学化工学院, 山东 青岛 266580

² 山东科技大学储能技术学院, 山东 青岛 266590

摘要: 本文在科产教融合理念下, 对“现代分析技术”进行了课程改革。主要基于校内/际/企合作实现优质师资共享, 通过融入科学前沿和生产实际丰富教学内容, 在授课中采用教师主导、学生自主探究、“理虚实”结合、线上线下协同、公众号辅助等多维教学模式, 同时配备多元化考核评价体系促学促教。实践结果表明, 教学质量得到了明显提升, 极大地助力于理论知识、科学研究、生产实践兼顾兼优的复合型人才的培养。

关键词: 现代分析技术; 教学改革; 科产教融合; 复合型人才

中图分类号: G64; O6

Teaching Reform and Practice of Modern Analytical Technology under the Integration of Science, Industry, and Education

Congying Wen¹, Zhengkun Du², Yukun Lu¹, Zongting Wang¹, Hua He¹, Limin Yang¹, Jingbin Zeng^{1,*}

¹ College of Chemistry and Chemical Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, Shandong Province, China.

² College of Energy Storage Technology, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, Shandong Province, China.

Abstract: Under the concept of integrating science, industry, and education, curriculum reform on “modern analytical technology” has been carried out. Mainly based on intra-school, inter-school and school-enterprise collaborations, high-quality teacher resources are shared. By integrating frontier science and practical production, the teaching content is greatly enriched. A multi-dimensional teaching mode is employed, including teacher-led instruction, student-driven inquiry, a blend of theoretical learning with virtual and practical experiments, collaboration of online and offline resources, and teaching supported by social media platforms. Additionally, a diversified evaluation system is conducted to promote both learning and teaching. The practical results indicate a marked improvement in teaching quality, significantly fostering the development of versatile talents adept in theoretical knowledge, scientific research, and practical application.

Key Words: Modern analytical technology; Teaching reform; Integration of science, industry, and education; Versatile talents

收稿: 2023-12-26; 录用: 2024-02-20; 网络发表: 2024-03-29

*通讯作者, Email: xmuzjb@163.com

基金资助: 国家自然科学基金面上项目(22376218); 山东省优质课程建设项目(SDKC20029); 中国石油大学教学改革项目(CM2022027, 23202202253)

1 引言

党的二十大报告指出“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”，并强调在教育中要继续“推进产教融合、科教融汇”^[1]。这是党和政府对当代中国高等教育事业人才培养工作做出的重要部署。科研、生产与教学的深度融合能够促进培养理论知识、科学研究、生产实践兼顾的创新复合型人才，是建设富强、民主、文明的现代化强国的控扼之要^[2,3]。在科产教融合理念下，如何将科研元素、企业元素贯穿于教学全过程，构建以创新创业能力培养为核心的教学体系，是当前高校教育改革中的一项重要目标^[4-7]。

仪器分析技术基于物质的物理和物理化学性质，利用特殊的仪器实现定性、定量和结构分析，不仅是重要的分析测试方法，更被广泛地应用于研究和解决各种化学理论和实际问题，是科学研究和生产实践的“眼睛”，掌握和利用现代仪器分析技术直接影响到学生的创新创业能力^[8-10]。近年来，随着科学技术的发展和生产实践的进步，新的仪器分析方法不断涌现，“仪器分析”课程已不能满足现代科研生产的需求^[11-13]。“现代分析技术”即是在“仪器分析”课程基础上开设的一门重要的专业课，课程内容主要涵盖了近年来应用广泛的现代分析技术的基础理论、重要成果和发展现状。例如新型样品前处理技术、微流控芯片实验室、纳米分析技术、显微技术和生物传感等。涉及到化学、材料、环境、生物、医学等众多学科，兼具有很强的理论性、前沿性和实践性^[14-15]。因此，推动科产教融合是本课程建设的重点内容^[16-18]。此外，由于现代分析技术多与食品安全、环境污染、疾病防控等关系国计民生的实际问题密切相关，融入思政教育能够提升学生的社会责任感和使命感，进而激发其自主学习和自主创新意识，从而更好地引领教学工作^[9,10]。

本文主要结合中国石油大学(华东)化学专业现代分析技术课程的教学现状和问题，在科产教融合理念下，通过共享优质师资、优化课程内容、采用多维教学模式、设置多元化考核体系等方面的探索和实践，提高教学质量和学习效果，将知识传授、创新创业能力培养和价值塑造融为一体，实现协同增强的育人效果。

2 现代分析技术教学面临的问题

(1) 教学内容固化陈旧。

随着科技的发展，现代分析技术发展迅速，向着高灵敏、高选择性、快速便携、自动化、智能化、微型化等方向发展。而目前该课程的内容设置具有明显的滞后性，不能很好地反映近年来仪器分析技术的应用和发展现状。因此，如何合理构建教学框架、高效整合教学内容，保持与时俱进是该课程面临的首要问题。

(2) “纸上谈兵”，远离科研生产。

现代分析技术授课目前局限于在课堂中讲授“基础理论—仪器构造—方法技术”，学生接收的都是文字或者图片信息，对仪器和分析方法不能身临其境。因此，与实际应用中的“样品处理与测试—仪器使用—数据分析(软件使用)”脱节严重，往往陷入“纸上谈兵”。如何让学生从课堂中走出来，提高科研实践能力，实现学以致用是该课程亟需解决的重要问题之一。

(3) 授课模式与考核方法单一。

现代分析技术教学以讲授式为主，该模式能有效发挥教师的主导作用，传输知识多，成本低、容量大，但学生课堂参与度不高，导致教学忽视学生个体认知和学习能力差异，难以做到因材施教，且课堂趣味性差，不能充分发挥学生的自主能动性，不利于学生的个性化发展。与此对应地，该课程考核方式也比较单一，主要是基于课后作业和期末考试，不能体现学习的过程性和多元性，因此不能全面科学有效地评价学生的学习效果。

(4) 思政教育融入不够。

2020年5月，教育部印发《高等学校课程思政建设指导纲要》，首次提出“全面推进高校课程思政建设，发挥好每门课程的育人作用”^[19]。现代分析技术是一门经世致用的学问，是科学研究和生

产实践的重要手段,在其发展中应始终贯彻服务人民、社会和国家的思想。因此,如何在课程教学中有效融入思政教育,将传道授业与思政同行同向,达成育德育人目标,这将是本课程建设的难点之一。

3 科产教融合下的现代分析技术课程改革实践

针对现代分析技术课程的教学现状,我们在科产教融合背景下,对现代分析技术课程进行了建设和改革。主要通过优化师资配备、充实课程内涵、打造多维教学模式、设置多元化考核评价体系“四方联动”的建设思路,完成对本课程的创新性、高阶性和挑战度的提升,从而培养理论知识、科研创新、生产实践兼顾兼优且三观正确的创新复合型人才(图1)。具体措施如下:

(1) 共享学术水平高、实践能力强、教学实力雄厚的优秀师资。

教师是教育的引领者,科产教的高效融合首先是教育、科研、生产一线专家的融合,在教学中主要通过以下三个方面实现师资优化。

① 校内合作:集合校内不同研究方向的优秀师资,主要有色谱分析、纳米分析、显微分析、电化学分析、光化学传感、生物传感等几个研究方向。这些教师都奋斗在教学和科研工作的第一线,具有丰富的教学经验和良好的科研基础,在相关科研或生产领域均取得了突出的成果,熟悉前沿分析技术的基础理论和重要成果,同时能掌握最新的科研动态。教师通过分工合作,充分发挥自身研究领域的特长,实现优势互补。

② 校际联盟:通过邀请其他院校分析领域的专家开展学术讲座、短期讲学、评课议课等活动进行交流互鉴,实现合力育人。目前我们已与山东科技大学、武汉大学、南开大学、西南大学等学校建立了稳定的友好合作关系。此外,借助线上交流平台,分析领域的很多国内国际顶尖学者都会免费提供讲学服务,通过筛选并分享与现代分析技术课程相关的内容,为学生提供与名师大家面对面的学习机会。

③ 校企合作:定期邀请仪器公司的高级工程师进行专业培训和技术交流,如岛津、赛默飞、布鲁克、安捷伦等,主要讲解仪器的操作步骤、分析方法、数据处理和研究进展,并现场为学生示范操作、答疑解惑。此外,我们长期与山东省及青岛市分析测试中心、青岛海关技术中心、青岛大学附属医院等合作,还有山东汇丰石化集团有限公司、山东石大胜华化工集团有限公司等多个实习基地。这些单位为学生提供了参观和实习机会,极大地开拓了学生的视野。

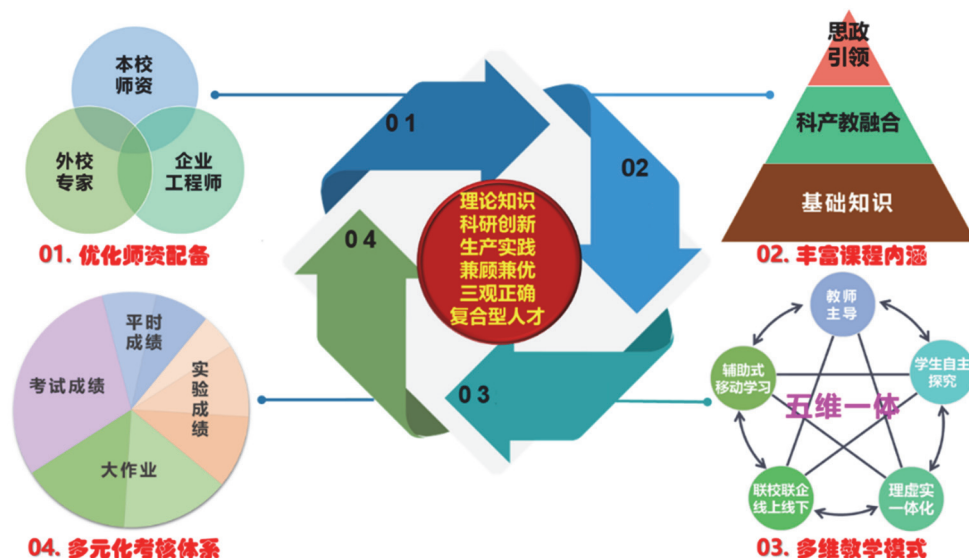


图1 现代分析技术课程建设和改革的主要思路

(2) 丰富课程内涵, 有机融入科学前沿、生产实践和思政教育。

现代分析技术涉及化学、材料、环境、生物、医学等多个学科的知识, 且具有很强的理论性、前沿性和实践性。我们在思政引领下, 通过夯实基础知识和科产教融合充实课程内涵, 具体展开如下:

① 夯实基础知识。

现代分析技术种类繁多, 技术复杂。我们秉承“以学生为中心”和“学以致用”的理念构建课程体系, 充分调研学生在创新创业训练项目、毕业设计、实习中所涉及的仪器分析方法, 并综合考量“仪器分析”、“波谱分析”等与现代分析技术相关的课程内容, 从而对本课程教学内容进行合理取舍整合, 确定课堂讲授的核心基础知识。目前, 根据本校化学专业学生的学习情况和需求, 主要设置了现代分离科学、纳米分析技术、化学与生物传感器、显微技术、现代电化学分析方法、X射线相关分析方法等课程内容, 具体如表1所示。通过给学生介绍相关现代分析技术的测试原理、仪器构造和应用, 增加学生的知识储备, 为其创新创业训练、毕业设计和实习等奠定良好的基础。

表1 本课程的课程内容

章	内容
第1章 现代分离科学	现代色谱分析技术(凝胶渗透色谱、亲和色谱、离子色谱、超临界流体色谱、毛细管电泳等); 固相微萃取; 液相微萃取; 膜分离; 微流控芯片实验室
第2章 纳米分析技术	纳米科学概述; 典型纳米材料介绍(量子点、磁性纳米粒子、等离子体纳米粒子、碳纳米材料等); 基于纳米材料的新型分析技术
第3章 化学与生物传感器	电化学(生物)传感器; 光化学(生物)传感器; 压电晶体声波化学(生物)传感器; 表面等离子共振传感器等
第4章 显微技术	光学显微镜(明场显微镜、暗场显微镜、偏光显微镜、荧光显微镜、共聚焦荧光显微镜、超分辨荧光显微镜); 电子显微镜(透射电子显微镜、扫描电子显微镜); 扫描探针显微镜(扫描隧道显微镜、原子力显微镜)
第5章 现代电化学分析	超微电极; 光谱电化学; 电化学发光技术; 电化学石英晶体微天平
第6章 X-射线相关分析方法	能量色散X射线光谱分析; X射线光电子能谱分析; X射线衍射技术等

② 增强前沿性和实践性, 科产教有机融合。

随着科学技术的发展和生产实践的进步, 大型精密分析仪器不断涌现。我们充分调动教师结合自身研究特色, 全面搜集与现代分析技术相关的最新研究进展和生产实践资料, 及时对教学内容进行更新, 提升课程的创新性、高阶性和挑战度。例如在现代分离科学部分加入固相微萃取的知识, 该技术集采样、萃取、浓缩、进样于一体, 有效克服了传统样品前处理技术的缺陷, 大大加快了分析速度, 在环境、食品、医药分析等领域得到了大力推广^[20-22]。再如在化学与生物传感部分加入试纸条检测技术, 该技术具有操作简便、快速便携、用户友好、成本低廉, 无需专业人员和仪器辅助, 已经被广泛应用到快速现场检测中, 如早孕试纸、新冠病毒检测试纸等^[23-25]。进一步再提出目前试纸条检测的缺点, 进而引入该技术的最新科研进展。介绍与科学前沿或生产实践密切相关的分析技术, 可以拓宽学生的知识面并激发学习兴趣, 使学生在以后实际工作中, 具有更宽广的视野, 能够正确选择和使用仪器技术, 甚至改进现有分析方法, 以完成科技生产任务。

③ 加强课程思政建设。

一方面, 授课教师要不断修炼师德师风, 提高理想信念和道德情操, 培养扎实学识和仁爱之心, 发挥为人师表的示范作用, 在教学中既要言传, 更要身教。另一方面, 授课教师要基于课程内容, 充分挖掘课程知识点中的思政元素, 并有机融入到教学中, 做到“随风潜入夜, 润物细无声”。主要凝练了“分析科学家精神”、“公共安全事件中的分析”和“分析中的哲学辩证思维”三大主题。

例如在讲色谱技术时,介绍色谱之父卢佩章院士为色谱技术在我国的发展和国民经济建设中做出的巨大贡献,尤其提到卢佩章院士曾说过“一个科学家最大的幸福是能给社会、人类做出些贡献”,从而激发学生科技报国的家国情怀和奉献精神。再如在讲试纸条技术时,介绍试纸条在疫情防控 and 医学诊断中的应用实例,并提及当代科学家为改进试纸条检测性能做出的努力尝试,进而传播“经世致用”、“实事求是”的优秀文化传统,进一步培养学生的社会责任感和奋发精神。通过将思政教育与传道授业同行同向,把价值塑造、知识传授和能力培养融为一体,实现协同增强的育人效果。

(3) 构建多维教学模式,切实提高学生的理论知识水平及科学研究和生产实践能力。

① 教师主导式课堂教学模式。

在教学中,教师充分发挥主导作用,保证知识传授的递进性和系统性。以解决实际科研生产问题为导向,运行“基础理论-仪器构造-技术方法-测试应用-科学前沿”的“bottom-up”贯通式教学程序。在实际讲授中注意详略得当,结合多种教学媒体,合理设置师生互动,避免单向灌输,巧用课堂留白,引发学生的兴趣和思考,发挥学生的主体学习作用。例如通过教师精讲基础理论,学生准确掌握仪器分析方法的基本原理;通过多媒体展示仪器的图片、动画、视频以及仪器关键配件实物,学生熟悉仪器设备的构造和操作方法;通过推送和分享现代分析技术在科研生产中的典型应用案例,学生了解相关仪器分析技术的重要成果和发展动态。

② 以学生为中心,自主合作探究教学模式。

现代分析技术在仪器分析之后开设,一般设置在第6或第7学期,对象是高年级本科生。开课时大多数学生正在进行创新创业项目研究,已经具有了一定的科研实践经验。因此,本课程鼓励学生开展自主合作探究,学生根据自己的研究方向或兴趣,结合课程内容,通过查阅关于现代分析技术的科技文献或调研实际生产案例,对相关分析技术进行详细的研究,形成课业论文并在课堂上以PPT的形式向大家汇报交流。通过这种模式,一方面能加深学生对知识的理解,培养思维能力、协作精神和交流能力,助力学生创新创业项目的开展并为毕业设计奠定基础。另一方面也能反哺课程,课业论文和展示报告由教师收集,择优选取,逐步建立学生自主实践案例库,目前已有64例被分享到本课程的网络教学平台上,方便教师从中汲取教学营养以及学生进行自主学习。

③ 开发课程配套实验,“理虚实”一体化教学模式。

利用课外学时,将课堂中讲授的“基础理论-仪器构造-方法技术”与实验中的“样品处理-仪器测试-数据分析”有机结合,实现理论教学与实践应用的无缝衔接。一方面,充分利用我院化学实验中心和重质油国家重点实验室分析测试中心的大型仪器设备,教师根据课程内容设置实训实验项目,目前共有膜分离实验、试纸条构建与病毒检测应用、荧光显微镜分析、电镜分析测试、X射线衍射分析5个实验项目。另一方面,采用北京微瑞集智科技有限公司开发的三维虚拟仿真实验室并积极主动开发相关虚拟仿真实验项目,让学生直观地了解仪器各部分的组成及内部构造,并进行仿真训练。通过理(理论)、虚(虚拟仿真)、实(实际操作)三者结合,强化学生的对理论知识的掌握,提高实验、实践能力。

④ 线上线下,联校联企,协同共享教学模式。

将线上教学与线下教学有机融合,重构教与学的体验,促进教学质量的提升。一方面依托石大云课堂完成本课程的网络资源建设,包括教学课件、知识点短视频、作业练习、章节测验等。学生在线上进行自主学习并借助平台实现师生互动、生生互动,形成学习的第二课堂,与线下课堂教学相辅相成。这不仅促进了学生对知识的掌握,而且有助于培养学生的自学能力、创新精神和问题探究能力,推动学生的个性化成长。另一方面积极与校外合作,引进优质教学资源,如精品课程视频、前沿讲座视频、仪器培训视频等,进一步提高教的水平,并建立良好的教学环境,逐渐形成线上联校联企群学和线下因材施教个性化学习的协同教学局面。

⑤ 辅助式移动学习教学模式。

利用微信公众号辅助教学,使信息传递更加人性化,打破教学的时间与空间限制,满足学生碎

片化移动微学习的需求。关于分析技术比较知名的微信公众号有“研之成理”、“仪器信息网”、“分析人”、“分析化学方法”、“纳米人”等。这些公众号中收纳了众多关于仪器基本原理、组成构造、测试方法、数据处理、软件使用和高阶应用等方面的文章，且不断更新。在这些公众号的基础上吸纳筛选改进，逐步尝试建立本课程专用的微信公众号，为本课程的教学持续服务。

(4) 设置多元化考核评价体系，全面、科学、高效地评价教学情况。

主要通过平时成绩、实验操作、大作业和期末考试进行考核，按图2展开：① 平时成绩：占比15%，分为课堂表现和随堂作业两部分。主要考察学生上课时的精神状态、思维状态、参与程度、学习效果等。引入微助教、雨课堂等线上教学手段，设置问答、抢答、点答、讨论、互评、作业等活动，并科学设置评分机制，从而客观地评估学生的平时表现，激发学生的学习热情并提高课堂参与度，提升教学效果。② 实验操作：占比25%，学生完成课程配套实验，根据预习情况、实验过程、实验报告进行评分。促进学生理解和掌握各种仪器分析方法的基本原理和测量技术，培养其动手能力和实验素质。③ 大作业：占比30%，学生根据自己的研究方向或兴趣，结合课程内容，选择前沿分析技术或生产实践中的分析方法进行详细研究，制作PPT完成课堂展讲，并提交一份相关的课业论文。根据PPT制作讲解情况以及论文写作情况评分。锻炼学生查阅资料和归纳总结交流的能力。④ 期末考试：占比30%，主要考核学生对分析技术的基本知识和理论的掌握情况，以及综合运用所学知识分析问题、解决问题的能力，以多种题型(选择题、填空题、简答题、论述题等)按照合适的难度比例从多个层次进行考查，从而夯实基础知识，提高知识运用能力。通过以上多个角度的考核，能够综合评估学生的学习效果，并能让教师对教学进行及时有效的反思和改进，从而实现以考促学、以考促教。

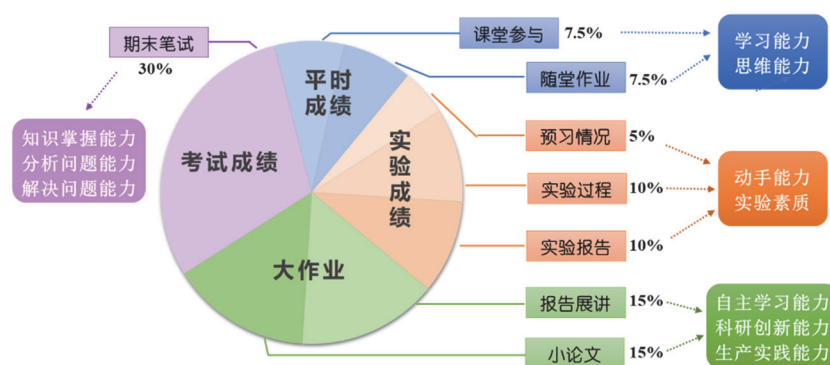


图2 多元化考核评价体系

4 现代分析技术教学改革效果

通过在本校化学专业2019级和2020级对现代分析技术课程进行初步试点改革，教学质量和学习效果均得到明显提升，具体表现在以下几个方面：

(1) 加强了学生对课程理论知识的掌握。通过教师引导和学生自主探究，一方面充分发挥了教师对课程教学的领导组织作用，另一方面提高了学生的积极性和参与度，课堂学习效率大大提升。进一步通过本课程网络平台的知识点短视频和练习测验助力学生预习和复习，学生普遍反映能够加深对基础知识的掌握。同时，借助公众号推送相关仪器和测试方法的文章，学生通过翻看手机实现了随时随地学习。尤其是加开的实训实验项目和虚拟仿真实验项目让学生直观地了解仪器的构造原理和操作方法，将抽象的理论知识形象化，从而进一步强化所学知识。通过改革前后对学生进行问卷调研发现：认真听课的学生比例明显上升，认为本课程难的学生比例明显下降，最终总评成绩与往年同期相比从71分提高到89分。

(2) 提升了学生的科学研究和生产实践能力。通过引入知名专家的讲座视频或者在公众号上推

送科学前沿或生产实践中分析技术的重要成果,极大拓宽了学生的知识面。进一步让学生通过查阅文献和交流讨论,论述与自己研究方向和兴趣相关的分析技术形成大作业。这不但强化了学生对仪器方法原理和实际应用的掌握,同时可以将优秀案例收录到课程案例库中反哺教学。学生对这种与自己研究项目和实际生产密切相关的作业表现出极大的热情,大部分能够非常出色地完成。比如其中一组学生对葡萄酒酿造很感兴趣,他们从前期利用便携式近红外光谱仪无损测定葡萄的糖度和酸度进行葡萄筛选,到发酵过程中利用紫外-可见吸收光谱测定酚类化合物监测酿造过程,再到出厂后利用气-质联用技术对防腐剂等添加剂含量进行监控,给学生和教师呈现了分析技术在整个葡萄酒生产中的重要应用。学生反馈通过本课程的学习不仅能够助力他们在创新创业项目、实习、毕业设计中选择合适的仪器方法,而且通过组间交流能够让其涉猎更广的科学研究和生产实践领域,非常有利于将来的科研生产工作。

(3) 增强了学生的学科认同和学科自信,助力正确三观的塑造。通过在课程讲授中渗透现代分析技术在科学研究、实际生产、社会生活中的重要应用,以及通过学生自选案例进行课堂交流,学生充分体会到所学课程有收获、有意义、有前景。比如通过在生物传感部分介绍试纸条技术并开展“试纸条构建与病毒检测应用”的实训实验项目,学生基本掌握了试纸条的制备技术、检测原理和操作方法,同时以助力疫情防控为契机引入思政教育,培养学生的社会责任感和学习内驱力。在2022年年底疫情放开后抗原试剂盒“一盒难求”的情况下,部分学生自觉协助本团队教师自制抗原检测试剂盒,并免费向本校教职工和学生发放,引起了强烈的社会反响,被人民日报、中国青年报、共青团中央等多家媒体报道,展示了当代大学生有能力、敢担当、愿奉献的优秀品质^[26]。

5 结论与展望

本文对现代分析技术目前面临的问题进行了分析,从师资配备、教学内容、教学模式及考核方法等方面进行了教学改革和探索。通过校内、校际、校企合作实现优质师资共享,并在思政引领下,通过夯实基础知识和科产教融合丰富课程内涵。授课中提出五维教学模式联动:以教师为主导、学生自主探究、“理虚实”结合、线上线下联合、利用公众号辅助移动式学习。进一步,建立全面、科学、高效的多元化考核方法实现促学促教。通过该课程的改革实践,教学效果得到了明显提高,不仅加强了学生对课程理论知识的掌握,而且提高了学生科学研究和生产实践的能力,并增强了学生对本学科的认同感和学科自信。展望未来,随着科技的高速发展,各学科之间不断交叉渗透,新的仪器分析方法将不断产生并快速发展,我们应在坚持以学生为中心的基础上及时筛选和更新课程内容,进一步增加相关实训实验项目并逐步健全本课程的虚拟仿真实验平台,同时不断完善本课程的教学案例库和公众号。通过对本课程的教学探索,助力培养理论知识、科学研究、生产实践兼顾兼优的创新复合型人才。此外,还应多与国内教学同行通过开展互访、轮岗教学、合编教材等方式进行交流,从而互学互进、同研共赢,共同实现全面育人的目标。

参 考 文 献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告. [2023-12-01]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm
- [2] 刘周, 徐本川, 吴向宾. 中国高校科技, 2019, No. S1, 67.
- [3] 李德丽, 刘立意. 高等工程教育研究, 2023, 198 (1), 189.
- [4] 周光礼, 周详, 秦惠民, 刘振天. 中国高教研究, 2018, 300 (8), 11.
- [5] 陈锋. 中国高等教育, 2018, 610 (Z2), 13.
- [6] 侯德义, 邢佳, 宗汶静. 高等理科教育, 2023, 167 (1), 9.
- [7] 陈哲夫, 陈端吕, 彭保发. 高等理科教育, 2020, 153 (5), 36.

- [8] 高向阳, 周冬香, 杜登学, 宋莲军. 新编仪器分析. 北京: 科学出版社, 2013.
- [9] 王荷芳, 孔德明, 唐安娜, 李文友, 刘定斌, 郭玮炜, 李一峻, 邵学广. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (18), 92.
- [10] 李振华, 苏琼, 孙初锋, 刘娟丽, 向晓明, 哈斯其美格, 于京, 庞少峰, 魏小红, 卢永娟. 大学化学, **2023**, *38* (9), 25.
- [11] 赵斌, 段宏基, 刘亚青, 张丛筠, 赵贵哲. 大学教育, **2020**, *118* (4), 173.
- [12] 黄克靖, 谢宛珍, 谭学才. 化工管理, **2022**, *651* (36), 9.
- [13] 梁一钊, 郑翔云, 徐晓文, 邹桂征, 张斌. 大学化学, **2023**, *38* (2), 283.
- [14] 耿启金, 刘莹, 杨金美, 郑师梅, 王元芳, 陈刚. 当代化工研究, **2020**, *64* (11), 124.
- [15] 曹英寒, 叶红勇, 谢英男, 杜朝军. 山东化工, **2018**, *47* (19), 166.
- [16] 向东山, 翟琨, 杨勃, 齐宝平, 尚冰冰. 高分子通报, **2021**, *263* (3), 65.
- [17] 苏守政, 张杏, 何健, 张鹏. 化工管理, **2023**, *653* (2), 40.
- [18] 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**, *115* (7), 49.
- [19] 教育部. 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知 教高(2020)3号. [2023-12-20].
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm?eqid=d916c495000758c60000000364609916
- [20] Sajid, M.; Nazal, M. K.; Rutkowska, M.; Szczepanska, N.; Namiesnik, J.; Plotka-Wasyłka, J. *Crit. Rev. Anal. Chem.* **2019**, *49* (3), 271.
- [21] Sun, M.; Li, C. Y.; Feng, J. Q.; Sun, H. L.; Sun, M. X.; Feng, Y.; Ji, X. P.; Han, S.; Feng, J. J. *Trac-Trend. Anal. Chem.* **2022**, *146*, 116497.
- [22] Zhou, W.; Pawliszyn, J. *Anal. Chem.* **2023**, *95* (24), 9151.
- [23] Bahadır, E. B.; Sezginurk, M. K. *Trac-Trend. Anal. Chem.* **2016**, *82*, 286.
- [24] Soh, J. H.; Chan, H. M.; Ying, J. Y. *Nano Today* **2020**, *30*, 100831.
- [25] Wu, K. Y.; Green, A. A. *Nat. Biomed. Eng.* **2022**, *6* (8), 928.
- [26] 人民日报. 这所高校师生手工自制抗原检测试剂盒. [2023-12-22]. <https://mp.weixin.qq.com/s/k6oIMksXEKBYKBQRS1J7dA>