

新工科背景下材料学专业实验课程改革探索

钱 涛, 郭其阳, 刘 媛, 樊冬娌*

南通大学化学化工学院, 江苏 南通

收稿日期: 2024年10月8日; 录用日期: 2024年11月6日; 发布日期: 2024年11月14日

摘要

新工科背景下, 实验教学是培养材料学专业应用型人才的必要教学环节。本文结合我校高分子材料与工程专业实验课程的现状, 总结了该课程教学中存在的主要问题, 从实验课程内容、实验开展方式和考核方式等方面提出了实验教学改革探索的具体措施, 以发挥学生的主观能动性, 培养新工科形势下创新性应用型人才。

关键词

实验技术, 新工科, 产教融合, 虚拟仿真

Reform Exploration of Experimental Courses for Materials Majors under the Background of Emerging Engineering Education

Tao Qian, Qiyang Guo, Yuan Liu, Dongli Fan*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Nantong University, Nantong Jiangsu

Received: Oct. 8th, 2024; accepted: Nov. 6th, 2024; published: Nov. 14th, 2024

Abstract

Under the background of emerging engineering education, experimental teaching is a necessary teaching link to train applied talents of materials majors. Based on the current situation of the experimental course of polymer materials and engineering major in our university, the main problems of the teaching were summarized. From the aspects of the content of the experimental course, the way of carrying out the experiment and the way of assessment were proposed in order to give

*通讯作者。

full play to students' subjective initiative and cultivate innovative applied talents under the situation of emerging engineering education.

Keywords

Experimental Technique, Emerging Engineering Education, Integration of Production and Education, Virtual Simulation Technology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新材料是“十四五”期间南通重点发展产业，作为南通本地的综合性大学，肩负着培养材料学专业人才的任务。南通大学材料科学系现有两个专业方向，其中高分子材料与工程专业成立于2002年，2021年新增新能源材料与器件专业，现每个专业每年面向省内外招生120人左右。根据国家和地方对产业发展战略的调整以及对经济发展方式转变的迫切要求，学校顺应国家产业发展的需求，为适应社会对工程技术人才的需要，专业对课程体系和教学内容进行持续改进，完善工程技术人才的培养模式，培养高层次应用型人才。而培养适应地方经济发展需求的材料学专业应用型人才，扎实的理论知识和系统的实验实践训练缺一不可[1]-[3]。

根据学校本科教育定位、专业定位、专业学科支撑以及专业人才的社会需求和工程教育认证标准，两个专业都开设了大量的实验实践课程。本文以新工科背景下南通大学高分子材料科学与工程专业实验课程的改革探索为例，对材料学专业实验课程的教学模式进行探索和研究。总结归纳了高分子材料与工程专业实验课程存在的问题，并提出相应的改革措施，以适应新工科发展对实验教学的新要求。

2. 高分子材料与工程实验存在问题

高分子材料与工程专业的实验课程大部分都是沿用了20多年前的内容。比如高分子物理实验，虽然实验内容很经典，但存在实验仪器老旧，很多分析测试手段在现在的科研和生产中已不使用。比如材料热性能测试中，学生做的DTA测试现已大部分被DSC取代。另外，大部分实验都是简单的性能测试或者验证性的实验，很少涉及到综合性和学生自主设计的内容。而由于高温高压或者有毒溶剂等原因也限制了高分子化学实验等部分内容的实施。高分子研究方法课内实验也因部分大型设备贵重，台套数少，而难以在本科生中进行操作实践，只能做简单的傅里叶红外光谱等性能测试分析，学生难以得到充分的创新实践能力的培养[4]。

3. 改革探索

围绕高分子材料与工程实验存在的问题，我们经过充分的调研，对课程设置，实施方法等进行改革探索。现在正在实施的人才培养方案中实验实践课程比例有所提升，从原来占总学分数的25.4%提高到29.3%。实验课程除了专业基础实验、专业课实验和课内实验外，增设了高分子材料成型加工实验(虚拟仿真)、创新实践、聚合物合成大型实验等特色专业实验课程。这些课程的开设和实施围绕新工科以及工程教育认证的要求，学生通过学习掌握高分子专业的基础理论知识和实践技能，分析问题、制订方案并能运用起来解决复杂工程问题。

3.1. 虚实结合

高分子材料与工程专业的部分实验特别是大型实验涉及到高温、高压等因素，不适合在学校开设。考虑到这方面的因素，我们在 2020 年开始在部分实验课程中采用虚实结合的方式。将不适合现场开展的课程改为虚拟仿真实验。其中《再生 PET 液相增黏及熔体直纺工艺虚拟仿真实验》在 2023 年获国家级一流本科课程。课程中以 PET 为代表的缩合聚合及纤维加工成型是高分子材料与工程专业《聚合物合成原理与工艺》《高分子材料成型原理与工艺》两门核心课程的重要教学内容和核心知识点。是高分子材料从理论基础转向工程实践的关键。

由于 PET 液相增黏及熔体纺丝实体实验环境恶劣存在人身伤害的风险、投入成本高、实验周期长、参数调控复杂、实验过程和结果不可逆等不利因素，相关实验必须采用虚拟仿真技术实现。再生 PET 液相增黏及熔体直纺工艺虚拟仿真实验，以 PET 瓶片回收料的绿色循环再生及工业单丝加工为背景，基于物料干燥、材料聚合及加工成型原理与工艺等专业知识，结合生产数据和科研数据，利用虚拟仿真技术再现了高分子材料从原料准备、挤出塑化、液相增黏、纺丝成型到性能测试的整个生产和质量检测环节，通过关键参数重复设计模拟，总结规律、优化生产条件，掌握高分子材料加工生产全流程知识、操作技能，提高创新意识，获得解决复杂工程问题的能力。实验原理及架构图如图 1 所示。

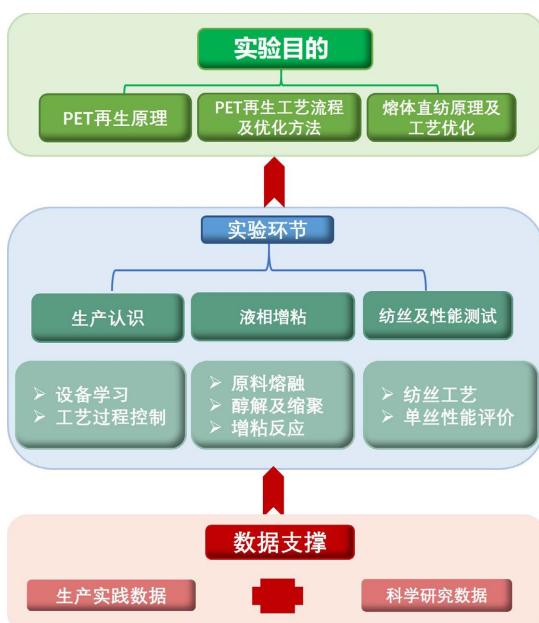


Figure 1. Experimental principle and structure diagram
图 1. 实验原理及架构图

该实验课程将立德树人和课程思政融入教学全过程，通过体验式教学方法，让学生身临其境地感受到通过技术创新可以变废为宝，为生态文明和人类社会可持续发展做出巨大贡献，从而在潜移默化中将正确的价值取向和理想信念传递给学生，培养学生的社会责任、职业道德，并在实践过程中触发学生对工匠精神的理解。

3.2. 产教融合

通过产教融合形式将部分课程的内容与工厂联合教学，对标高分子材料专业工程专业认证要求，让

学生与产业化教学零距离，真正做到课本理论知识与产业化教学相融合。以《聚合物流变学》这门课为例，作为南通大学产教融合重点建设课程和高分子材料与工程专业的必修课，聚合物流变学研究分子结构和流体流变行为，是工程实际应用的桥梁。课程很多章节的内容需要高分子物理、高分子化学以及数学、物理等学科的基础，学生仅通过理论知识的学习很难完全掌握。我们与南通天盛新能源股份有限公司合作建立校企联合培养人才机制，在学习第三章“高分子流体的流变模型”中的第三节“假塑性流体”时，将课内实验的环节搬到了企业，以应用实例——太阳能电池的电极材料让学生切身感受假塑性流体的流变特性。

课堂上首先引入产业化实例，将产品晶体硅太阳能电池直接呈现给学生，从国家政策、新能源新材料入手，让学生与最新的产业化技术零距离接触。学生进入实操之间，先通过视频观看和企业导师讲解，了解一个完整的银浆印刷到硅片，形成电极的过程。将生产细节通过视频呈现，让学生更为直观地看到生产车间的现场状况，通过丝网印刷的细节放大，让学生看到课堂内甚至生产车间内都很难看到的微观情况，将基础理论与生产实际相结合，有利于学生理解专业知识。通过观看引导学生思考银浆黏度与印刷质量以及电极性能的关系。接着学生跟随生产线学习导电银浆的制备和丝网印刷技术，再利用扫描电镜观察不同浆料在同一网版参数印刷下的形貌情况。学生从中发现又窄又高的栅线形貌是企业追求的目标，了解高分子材料的溶液和最终产品的粘度是重要的控制指标。接着将课本知识进一步延伸，从高分子流体粘度这个物理量，延伸到如何定量测试，采用粘度计等检测设备，让学生对下一章内容有一个初步印象，更有利于下一章内容的讲解。采用 DV-2 型粘度计对典型高分子材料溶液料进行测定，观察粘度随着剪切速率的提高持续下降的“假塑性”行为，并利用流变仪对印刷过程进行模拟。

整个实验课程从高分子材料的微观结构入手，结合产业化应用实例，通过实际操作，使学生认识从微观结构到宏观应用的联系，从而更好地理解假塑性流体，认识到高分子材料流变特性在实际生活应用中的重要性。学生也学习利用已学的知识分析实际生产问题，加强学生分析问题和解决问题的能力。

3.3. 科研引导实验

我校高分子材料与工程专业从 2021 级学生开始为每个学生配备科研导师和创业导师，每个学生从大一开始进入学院不同的课题组，参与课题组教师的科研项目。学生通过大一的科研训练，对分析解决科研问题有一定了解的同时实验能力也得到提升。大二开始，鼓励学生申请主持或者参与各级别的大学生创新创业课题，以此为契机，加强科研训练，也锻炼了团队协作能力。通过将课题成果总结，可以写成学术论文，也可以参加创新创业大赛。目前，学生参与的科研成果在“互联网+”、“创青春”、大学生节能减排等大赛中均有不错的成绩。

为进一步培养学生综合运用专业知识解决复杂工程问题的能力。高分子材料与工程专业在第七学期开设创新实践课程。以往创新实践课程以工厂设计为主，学生根据自己毕业论文课题中的产品设计一个规定年产量的生产车间。计算能量平衡、物料平衡、进行设备选型和车间布置等。这种形式学生主观能动性比较差，完全根据老师的安排按部就班地进行书写。没有任何设计和创新的成分在，由于有的学生对工厂设计不感兴趣，应付了事，学习效果不佳。如何调动学生积极性，以培养学生创新精神和实践能力为中心开设创新实验是实验改革的重心。通过考察苏州大学、四川大学等国内高校高分子材料专业实验实践课程的开展情况，我们发现与科研和生产实际结合，让学生选择自己感兴趣的课题进行创新实验效果最好。创新实践以生产、科研实际为基础，学生根据科研导师或产业导师所出的课题，选择自己最感兴趣的课题进行方案设计。以 3~5 人为一组，从查阅课题中外文资料，整合分析，制订实验方案或者设计方案，到样品制备、测试分析，最后以 PPT 形式向全班同学汇报。整个流程锻炼了学生了解问题、分析问题和解决问题的能力。很多同学也因此对科研产生兴趣，选择读研进一步深造。

3.4. 大型创新实验

高分子材料大型加工实验形式相对灵活，针对《聚合物合成原理与工艺》《高分子材料成型原理与工艺》涉及的内容，一共开设六个实验，包括热塑性聚合物挤出造粒、热塑性聚合物注射成型、吹塑成型、流延成型、3D 打印实验和静电纺丝。在实践环节开始前，进行分组，每组成员为 4~5 人。实验采取预约制，在开放时间内以组为单位进行预约，一个学期内完成即可。各组学生在进入实验室前需进行实验预习，了解设备的操作和实验的基本内容、相关背景资料。通过文献检索拟定操作方案，与指导教师讨论后方可进行实验。所有制备的样品根据产品性能要求进行相关测试分析，如果不合格要分析原因，尝试调整方案或者加工工艺。完成实验环节后围绕实践前方案的设计思路、实验过程、实验数据的记录、实验结果的分析讨论进行报告撰写。

整个大型实验环节打破了原有的单一的验证性、演示性实验，增加了查阅文献和自主设计实验方案环节。同时通过最终加工产品的性能表征，比如产品的力学性能、热性能、流变性、成膜性和形态形貌等，以评价实验方案设计的合理性，并结合专业知识对失败和成功原因进行分析。各实验之间既分散又有一定连续性。部分实验的原料是上一环节的产品。这样学生为获得好的产品，会注重每一个环节，也从另一方面提高了他们的科研认真程度。这样的实验改革使得学生从原料的改性、不同产品形式的加工工艺到对产品性能测定的整个过程有了整体连续性认识，既综合了解了聚合与加工工艺，又了解了高分子材料结构与性能的关系。同时实验所选产品均与实际生产相关度较高，使得整个实验既具有综合性又具有应用性。

3.5. 考核方式

以往的实验平时成绩加实验报告的方式进行考核，这种方式比较单一，不适合所有的实验考核。我们在对考核方式进行改革时，采用“线上 + 线下”混合模式。利用课堂派在课程开始前增加线上实验安全考试，以选择题方式进行。将教学视频、课件等上传至平台。实验预习根据不同的实验采用预习报告、选择、判断等多种形式，实验视频的观看学习也纳入预习成绩范围。对于创新实践、大型实验等考核需要上传实验方案、实验操作照片、数据分析等过程性文件，然后，上传小组 PPT 讲解视频和相关实验报告，最终实验成绩考核通过设置相关任务点及分值占比对其进行测评。考核方式改革后有效提高了学生学习效率，相比于常规考核模式，方便了课程达成度的计算，便于老师及时了解学生实验的整个环节，用于后续持续改进，适用于高分子应用技术型人才的培养[5] [6]。

4. 结语

结合我校学科建设的特点，本文以高分子材料与工程专业为例对新工科背景下材料类学专业实验课程现有的问题提出了一些建议和措施，并进行了初步的探索。从实验内容、实验开展方式、考核形式等方面进行实验教学体系改革，有效提高了材料学专业学生的学习积极性，有助于创新能力和实践能力的提升。

基金项目

南通大学教育教学研究课题——“新工科”背景下的新能源材料与器件专业建设研究(项目号 2023B08)，教育部产学合作协同育人项目——基于“新能源”的材料学专业人才培养模式研究(项目号 230907264180048)。

参考文献

- [1] 李春梅, 尹德忠, 耿旺昌, 等. 以科研引导的高分子实验课程内容变革——以硫醇-异氰酸酯点击反应分散聚合

- 制备交联功能化微球为例[J]. 化学教育, 2021, 42(12): 63-69.
- [2] 徐瑛, 王思涵, 李海军, 等. 基于新工科背景下大学物理实验课程的改革探讨[J]. 大学物理实验, 2021, 34(2): 126-128.
- [3] 叶君, 吴胜龙, 何婉芬, 等. SPOC 与“翻转课堂”结合在天然高分子实验教学中的探索与实践[J]. 广东化工, 2021, 48(5): 225-227.
- [4] 赵亚奇, 冯巧, 赵振新, 等. 创新实践背景下的高分子实验技术教学改革研究[J]. 科技创新导报, 2019(29): 85-88.
- [5] 任萍, 张成根, 陈乐培, 等. 以应用型人才培养为目标的材料化学专业高分子实验课程改革[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2018, 18(1): 104-107.
- [6] 张彦华, 孙策, 郑丁源, 等. 基于工程教育认证理念的高分子实验技术课程培养学生实践能力浅析[J]. 广东化工, 2021, 48(17): 211-212.