

“产学研”深度融合应用于“聚合物工程综合训练”教学的探索与实践

冷雪菲, 王艳色, 王海, 陶胜洋*

大连理工大学, 精细化工国家重点实验室, 辽宁 大连 116024

摘要: 为响应“新工科”改革的时代发展要求, 针对当前高分子工程教育存在的问题, 本论文以“聚合物工程综合训练”课程的教改为例, 开展了“产学研”深度融合教育模式在实践课程教学中的实践与评价。围绕高分子材料与工程一流本科专业建设及人才的培养要求, 将“产”和“研”的需求与资源, 有机融合至“学”中。本文探索了具有自身特色的工程教育人才培养模式, 并且取得了良好的教学效果, 对培养高分子工程人才、深化工程教育改革具有借鉴意义。

关键词: 产学研融合; 教学改革; 高分子材料与工程; 实践类课程; 本科生培养

中图分类号: G64; O6

The In-Depth integration of “Industry-University-Research” in the Exploration and Practice of “Comprehensive Training in Polymer Engineering”

Xuefei Leng, Yanshai Wang, Hai Wang, Shengyang Tao *

State Key Laboratory of Fine Chemicals, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

Abstract: In response to the evolving demands of the “new engineering” reform and addressing existing challenges in polymer engineering education, this paper takes the teaching reform of the “Comprehensive Training in Polymer Engineering” course as an example. It introduces the implementation and evaluation of an in-depth “industry-university-research” integration model in practical course teaching. By aligning the needs and resources of “industry” and “research” with the educational processes of “university,” the approach focuses on the construction of first-class undergraduate programs in polymer materials and engineering, as well as talent cultivation requirements. This study explores a distinctive talent training model for engineering education, achieving significant teaching outcomes. The findings provide valuable insights for cultivating polymer engineering professionals and advancing engineering education reform.

Key Words: Industry-university-research integration; Teaching reform; Polymer materials and engineering; Practical course; Undergraduate education

“产学研”结合教育是一种重要的实践型教育理念, 其本质在于借用或整合不同的教育资源, 通过多样化的培养模式培养学生的创新实践能力, 从而全面提高学生的整体素质, 培养适用于当今社会需求的工程科技人才。教育部2022年发布的《关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干

收稿: 2024-05-13; 录用: 2024-09-02; 网络发表: 2025-01-09

*通讯作者, Email: taosy@dlut.edu.cn

基金资助: 大连市优秀青年科技人才基金(2022RY10); 大连理工大学教学改革基金项目(YB2023022)

意见》中指出：“应加强高校、科研院所、企业等主体协同创新，建立协同组织、系统集成的高端研发平台，推动产学研用深度融合，促进科技成果转化，推进教育链、人才链、创新链与产业链有机衔接”。可见，产学研结合教育模式与我国“双一流”的建设及推进相契合，为实践型工程科技人才的培养提出了一种可行的教育改革模式。

大连理工大学高分子材料与工程专业开设的“聚合物工程综合训练”课程，是以实践教学为对接点，在专业基础知识、专业基础实验扎实的前期培养根基上，着重训练学生解决复杂工程问题能力的一门专业实践类课程。然而，目前该课程的教学方式主要以教师课堂教授和指导学生实验为主，学生对于聚合物的实际生产模式以及高分子材料与工程专业缺乏深刻的认识，理论与实践脱节，不利于高分子应用型人才及科研人才的培养。尽管我国目前大力推进产学研协同创新机制的改革，然而某些环节仍然存在许多弊端，特别是在教育部积极推进“新工科”建设的契机下，目前的课程教育还不能完全适应培养拔尖创新人才的要求，在教学内容、教学方法、科研评价机制等方面还存在很多问题。新工科背景下的国家现代化建设对工程科技人才提出了更高要求，迫切需要加快工程教育改革创新^[1]。推进产学研深度融合在高校实践类课程中的教育改革，对于培养工程科技人才及创新性科研人才具有重要的实践意义。

1 产学研结合教育模式

产学研结合教育是一种能够充分发挥院校、科研院所和企业三方的有利资源，以提高学生综合能力素质、增强学生分析解决问题的能力为目的的新型人才教育模式^[2,3]。产学研结合教育模式可追溯至1903年英国桑得兰德技术学院的“三明治”教育模式，即通过“企业-学校-企业”的方式对学生进行分阶段培养^[4]。随后其他国家学习借鉴，并结合自身国情建立了各具特色的产学研结合人才培养模式。美国形成了“以高校为核心，高新技术园为依托”的产学研合作模式，学生在读期间需完成三个学期的实践工作^[5]。日本实施由政府主导，校企深度合作、中介机构参与的“技术创新立国”战略^[6]。德国倡导为学生指派学校教学教师以及企业实训导师的“双元制”模式，注重开展以企业为核心的市场化、产业化、商品化的研究开发项目合作。

我国的产学研结合教育起步较晚，产教融合这一概念首次出现在2005年国务院颁布的《国务院关于大力发展职业教育的决定》中，其中提到了“提倡产教结合，工学结合”。到2017年国务院办公厅印发的《关于深化产教融合的若干意见》则是第一次专门针对产教融合制定的国家级推进政策，赋予产教融合的结构改革、推进晋级转型升级和培育经济发展新动能等多项职能。2021年教育部建设工作计划要点明确指出^[7]，加大特定学科领域产学研合作协同育人项目实施和支持力度，推动产学研深度融合，深入推进高校科技成果转化和技术转移工作。从机构共建角度，产学研结合教育模式分为共建产学研基地、共建联合实验室、共建异地科研机构等；从组织形成角度进行划分，产学研结合教育模式有一体化模式、高新科技园模式、共用模式等多种模式^[8]。随着“新工科”建设发展，近年来国内高等学校在产学研协同人才培养模式创新等方面也做了大量的探索研究^[9]。比如开展“校企合作”、“双师型”培养^[10]、“专业文凭+国际职业资格证书”培养等多元模式^[11]；一些大学借鉴了研究所的培养模式，对研究生进行“订单式”培养等。众多改革措施体现了我国“产学研结合”教育的多种途径和美好前景。

从以上国内外不同产学研合作教育模式的分析可见，产学研合作教育是一种能够充分发挥院校、科研院所和企业三方的独有资源，以提高学生综合能力素质、增强学生分析解决问题的能力为目的的新型人才教育模式。在高等教育教学的范畴里，“产”是从国家及企业的实际需求出发，充分利用企业的优势资源；“研”是结合前沿科研成果，鼓励学生就课堂理论知识进入教师实验室进行科学研究；“学”是根据“产”和“研”的要求，有机融合及设计课堂教学内容，传授理论及实验知识。该教学模式能够很好的将科学教育、技术教育、工程实践融为一体，在强调基础教育的同时，重视企业协同育人。产学研结合教育是深化理解理论知识的重要手段，可以有机连接理论与实践，

也是培养大学生工程意识、创新思维、知识应用能力的有效途径。

2 高分子工程教育中的突出问题

高分子材料与工程专业是理论与实践并重的专业，以培养具有创新精神、理论基础、材料制备技术、能够从事工程设计、生产管理、科学研究等方面工作的创新型高级工程技术人才为目标。目前，我国高等教育一直沿用的重理论，轻实践的教育模式，以及由于众多高校现有教学条件的限制，使得高分子材料与工程专业在人才培养过程中出现诸多问题。导致高分子材料与工程专业学生所学理论知识与实际应用脱节，总体体现在学生社会能力不足、质量意识不足、创新创业精神不足^[12]，与培养应用型人才的目标不适应。大连理工大学高分子材料与工程专业，于2018年获批辽宁省普通高等学校首批一流本科教育示范专业，2019年获批教育部首批国家级一流本科专业建设点，已成为我国高分子材料与工程领域高层次人才培养、科技创新和社会服务的重要基地。然而，面对日新月异的技术发展和全新的世界经济形势，高分子工程教育与产业发展脱节，这不仅影响了本专业学生的就业，也给当前的教育模式敲响了警钟。

高分子材料与工程专业开设的“聚合物工程综合训练”是一门实践类课程，前期教师课堂讲授为主，后期学生实验为辅。但现有教学方式不仅理论脱离科学前沿，而且实验与生产脱节，不利于高分子科研人才以及应用型人才的培养。目前在本课程教学中乃至本专业学生的培养过程中存在的若干问题如下：

(1) 缺少与实际生产结合的环节。“聚合物工程综合训练”课程教学的基础理论和实验教学环节与实际生产结合度低，存在前期的理论教学过程照本宣科、脱离实际、枯燥乏味，而后面的实验环节也仅限于基础操作，与本专业开设的“高分子化学实验”课程无差别。导致培养的人才与国家重大工程建设、企业技术创新需要严重脱节。

(2) 企业联合育人环节缺失及形式化。由于校企之间未能建立良性的联合培养机制，在本课程中企业培养环节缺失，导致学生没有对化工生产的直观认识，无法培养学生解决实际工程问题的能力。此外，本专业的学生也仅在另外开设的“认识实习”和“生产实习”实践课中，学生参观多、实训少，实践能力薄弱，不仅无法调动学生的主观能动性，也无法树立其正确的大工程观。

(3) 本校优势科研资源利用率低。大连理工大学是工科优势高校，高分子材料系本身又具有宽广的新兴科技、新兴产业、新兴企业相关资源与背景。但本课程的理论教学内容与本专业教师的前沿研究鲜有结合，同时教师们牵头的重大项目中也几乎没有本科生的参与，学生与创新实践脱节，导致培养的人才知识结构单一、视野狭窄、自主创新能力不足。

3 产学研结合教学在分子课程中实施的模式与成效

产学研结合教育和高分子工程专业人才培养方式高度契合，是培养高分子卓越工程人才以及应用型创新人才的优势教育模式^[13]，为本专业教育改革带来了机遇。本文创新提出了以下产学研深度融合的教学模式，如图1所示。下面以本专业开设的“聚合物工程综合训练”课程为例，在教学过程中进行了“产学研”深度融合教学模式的应用与实践。

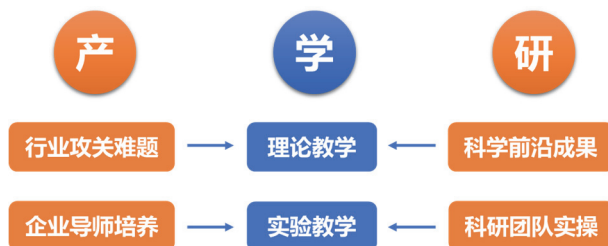


图1 “产学研”深度融合教学模式示意图

本实践课结合产学研深度融合教学的特点,将聚合物工程综合训练课程分为三个模块,并分别对应三个具体教学实验项目,以及对应的教育改革特色方案,如表1所示。三种方案交错并行,学生可以根据自身兴趣选择参与课题研究项目,重点培养学生的理论应用能力。

表1 聚合物工程综合训练课程教学及改革内容

| 序号 | 模块名称 | 项目名称 | 特色方案 |
|----|------|-----------|--------------------|
| 1 | 橡胶 | 溶聚丁苯橡胶聚合 | 与国家重大需求结合,树立使命和担当 |
| 2 | 树脂 | 聚苯乙烯乳液聚合 | 与当地企业生产装置对接,树立大工程观 |
| 3 | 纤维 | 熔融纺丝聚丙烯纤维 | 与教师团队科研项目结合,启发创新 |

(1) “国家需求”先行的课程教学模式。

开创“国家需求”先行的课程教学模式,即在课前抛出相关的国家重大需求难题,把研究和解决现实问题作为重要教学环节加入到“聚合物工程综合训练”课程的理论教学环节之前。通过布置课程前期背景调研任务的方式,让本专业学生主动了解行业关键共性技术问题。同时将该环节与科研前沿有机结合,以国家需求激发探索意识,通过文献调研,提升学生解决复杂工程问题和科技创新的能力。

例如,在课前让学生分组调研题目:我国的“卡脖子”难题——潜艇用消声瓦的聚合物结构,技术难点是什么。课堂上学生就调研所得参与课堂教学,加深聚合物反应理论知识的理解,同时用本课学习的知识尝试提出解决聚合物序列结构控制、吸波范围调控、阻尼结构设计等技术路线及原理,并进行课堂讲解。以此加强学生对聚合反应知识的认识,同时培养学生用专业知识解决实际生产以及国家需求问题的能力。该改革方式成效显著,能够用所学知识解决国家的重大问题,极大地增强了学生的责任感,也点燃了学习热情。

(2) 引入校企联合育人模式。

向“聚合物工程综合训练”课程中引入行业专家讲座、企业交流研讨等企业培养环节,将课程实验教学环节与本专业的优势企业资源结合,从实际生产出发,提炼分析需要解决的问题及学习的内容。

例如,将课程实验中的“聚苯乙烯乳液聚合”模块与恒力石化(大连)的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物树脂(ABS树脂)乳液聚合生产装置对应,邀请ABS生产装置负责人作为企业导师讲解生产流程及问题,引导本科生在教学实验中对生产装置上相关聚合反应条件、原材料要求、产品性能等进行对比和思考。让学生基于对ABS树脂生产的实际了解,提出对某一产品性能指标的改进方案,加深对聚合反应过程的理解。该改革方式打通了学生理论知识与生产实践的屏障,树立其正确的大工程观,将教学中所得出的结论回归专业理论,从而使学生真正做到理论与实践相结合,形成一个密闭循环的完整的知识体系。同时也为优秀企业吸引人才做出贡献,目前已有多位本科生与该企业达成就业意向,充分发挥了校企协同育人的优势。

(3) 教师科研成果深入结合模式。

将专业理论教学与本专业的科研项目紧密结合,以科学前沿成果深化学生对本课程的理论理解。本专业在教学模式、科研和实验教学融合方面做了一些有益的探索实践,取得了一定的成效^[14]。同时为本科生开通进入科研团队并参与科研项目的绿色通道,吸纳本科生成为科研项目骨干,以优势科研资源助力课程教学,提升本科生国际前沿视野和科研创新能力。

例如,将课程中的“熔融纺丝聚丙烯纤维”模块与本专业教师团队课题相结合,吸纳学生进入“热响应型智能纤维”课题组,结合智能纤维材料的前沿发展,以“热致变形”和“热致变色”为分任务开展课题研究。在溶液纺丝工艺学习的基础上选取适当的纳米填料、纺丝液配制、纺丝及后处

理条件, 获得高分子/纳米复合功能纤维材料。该改革模式不仅加强了学生对课程的理解与设计, 实现了初级科研的实验方案设计和实验实施, 同时也培养了学生通过高分子专业知识构建高分子微观结构变化与性能之间关系的能力, 达成研究性教学完整程序。

我系2018级、2019级、2020级学生“聚合物工程综合训练”课程的目标达成度如表2所示。在实施课程教改后, 我系2019级和2020级学生的各项平均得分均有所提高。其中, 与实际工程应用相关的目标2、目标3、目标5等达成度均有较大幅度的提高, 通过系列实践使教学质量得到了提高。

表2 教改实施前后课程目标达成度对比

| 学习目标 | 学习过程和监测 | | 达成情况 | | |
|------|--------------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | 学习过程 (满分) | 监测点 | 18级学生 平均得分 | 19级学生 平均得分 | 20级学生 平均得分 |
| 目标1 | 实验方案设计(5分) | 分析判断实验方案的主要影响因素 | 4.7 | 4.8 | 4.8 |
| | 结果与讨论(5分) | 使用专业软件对数据进行分析, 并判断影响因素对实验过程的影响 | 4.7 | 4.4 | 4.8 |
| | 课题答辩(5分) | 能够以口头方式准确表达结论 | 4.1 | 4.3 | 4.6 |
| 目标2 | 实验方案设计(10分) | 考虑社会、安全、健康及环保等因素对方案的影响 | 8.7 | 8.7 | 9.2 |
| | 实验记录(5分) | 实验操作中三废处理 | 4.7 | 4.9 | 4.9 |
| 目标3 | 实验方案设计(15分) | 合理制定方案并选择研究路线 | 13.9 | 13.5 | 14.5 |
| 目标4 | 结果与讨论(10分) | 对实验结果进行合理讨论, 并获得科学结论 | 9.1 | 8.7 | 9.5 |
| | 课题答辩(5分) | 以口头方式对数据进行表达和分析 | 4.2 | 4.7 | 4.7 |
| 目标5 | 结果与讨论(15分) | 讨论安全、健康及环保等因素对方案的影响 | 14.0 | 13.0 | 14.7 |
| 目标6 | 实验记录(10分) | 实验操作过程的分工协作情况 | 8.2 | 8.7 | 9.2 |
| 目标7 | 结果与讨论(5分) | 以文稿、图表形式准确表达实验结果 | 4.2 | 4.4 | 4.3 |

此外, 该系列举措在提高专业课程学习效果的同时, 也提高了我校高分子材料与工程专业学生的综合素质, 以及本专业的影响力。改革实施过程中, 本专业大学生创新创业项目的参与率大幅提高, 其中高分子材料2020级一班的本科生参与率达到100%; 2023年学科竞赛人数48人次(占比81%), 获奖31人次(占比53%); 通过产学研结合教育模式与本地的公司进行深度交流合作, 有助于教师了解产业需求, 本团队已与恒力石化签订合成橡胶、ABS树脂研发项目2项, 并共同承担辽宁省产业技术创新重点攻关任务“揭榜挂帅”项目。

4 结语

习近平总书记强调: “要把研究和解决重大现实问题作为学习的根本出发点, 使认认真真学习成为理论联系实际、学以致用, 不断提高工作原则性、系统性、预见性和创造性的过程”。以产学研为导向推动教育教学改革是改进和优化高分子材料专业人才培养路径的重要手段。我国经历多年实践, 已建立起产业、高校和研究机构共同参与的人才培养模式, 但目前还存在产业结合环节缺失、校企联合育人形式化、科研资源利用率低等问题。本课程以革新实践教学的内容和方式为核心, 将产学研深度结合手段融入课程教学中, 将国家需求及行业关键共性技术率先普及、地方龙头企业多维度参与培养、科研团队项目吸纳本科生等改革手段作为具体措施, 对“聚合物工程综合训练”课

程进行改革,同时引申到对本专业学生培养模式的一些新尝试。以解决重大现实问题为实践教学的动力,以优质研究成果引导理论教学的方向,以校企合作为联合育人的纽带,形成主线任务明确、立体丰富的教育改革措施。本课程改革探索了具有自身特色的工程教育人才培养模式,呼应“新工科”改革的时代发展要求,重点关注课程教学过程中对学生工程思维和能力的培养,为高分子专业培养工程科技人才、深化工程教育改革起到模范带头作用。

参 考 文 献

- [1] “新工科”建设复旦共识. [2024-03-18]. <https://jwc.fudan.edu.cn/2b/1b/c25319a273179/page.htm>
- [2] 宋晓丽, 吴德峰. 高教学刊, **2016**, No. 16, 2.
- [3] Agrawal, A. *Manage. Sci.* **2002**, *48* (1), 44.
- [4] 陆丽君. 宁波大学学报, **2010**, *32* (4), 66.
- [5] 徐平. 外国教育研究, **2003**, *30* (8), 1.
- [6] 姜立增. 机械职业教育, **1998**, No. 7, 42.
- [7] 中华人民共和国教育部发. 教育部2021年工作要点. [2025-01-06]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-02/04/content_5584796.htm
- [8] 娜茜泰, 翁智, 齐志远. 赤峰学院学报(自然科学版), **2021**, *37* (8), 92.
- [9] 邢令宝, 杨凯, 周朋飞, 李新进, 周晋, 王平, 糕淑萍. 大学化学, **2021**, *36* (11), 2105044.
- [10] 丁国新, 程国君, 王周锋, 高俊珊, 张宏艳, 张重庆. 西部素质教育, **2020**, *6* (23), 15.
- [11] 张海生. 重庆高教研究, **2018**, *6* (1), 41.
- [12] 霍丽, 赵春梅, 白俊敬. 广州化工, **2022**, *50* (3), 173.
- [13] 叶行. 塑料工业, **2023**, *51* (12), 186.
- [14] 李战胜, 唐萍, 王艳色, 张春庆, 李健丰, 曹玉明. 化工高等教育, **2016**, No. 4, 70.