

# 以解决复杂工程问题为导向的“高分子材料学” 课程教学改革研究\*

孟晓宇 丛川波 叶海木

(中国石油大学(北京)新能源与材料学院 北京 102249)

**摘要:**以“高分子材料学”课程为研究对象,基于工程教育专业认证标准,结合学校石油背景和专业实际,对“高分子材料学”的课程内容进行了设计优化,力求提升学生解决复杂工程问题的能力;重点强化课程衔接,加深学生对行业需求、材料前沿的理解,为学生解决复杂工程问题能力的培养打下良好基础。

**关键词:**工程教育专业认证 复杂工程问题 教学改革

**中图分类号:** G642.0 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.38.122

## 引言

高等教育新工科建设得以不断推进,在提升我国工科教育水平的同时,实现了国际互认。工程教育专业认证标准要求教学中坚持“产出导向”和“持续改进”。同时,标准中多次强调对学生解决复杂工程问题能力的培养<sup>[1-2]</sup>。具体包括对复杂工程问题的识别、表达、分析、交流、解决等方面能力<sup>[3]</sup>。复杂工程问题须运用工程原理经过深入分析才能得到解决,涉及多方面的技术与工程因素,具有较高的综合性<sup>[4]</sup>。

## 一、教学改革背景

在通过工程教育专业认证之后,我校材料科学与工程专业基于认证标准,制定了关于工程知识、问题分析、设计解决方案、研究、使用现代工具、工程与社会、环境和可持续发展、职业规范、个人和团队、沟通、项目管理和终身学习12个方面的毕业要求。要求学生掌握从事材料科学与工程工作所需的自然科学基本理论和专业知识,并用识别、表达、分析复杂工程问题;具有选用适当的理论分析并解决复杂工程问题的能力;掌握本专业常规的材料制备、材料性能与结构分析检测的方法和技术,以及对复杂工程问题的预测和模拟;能够合理分析和评价专业工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的、专业工程实践环境、社会可持续发展的影响;具备创新及合作意识;掌握文献检索和获取专业及其他相关信息的基本方法。我校力求不断地促进新工科研究与实践,建立持续改进的教学质量保障机制,着重培养学生解决复杂工程问题的能力。

目前,本专业分为“高分子材料工程方向”“金属材料工

程方向”与“新能源材料工程方向”三个方向。各方向基于毕业要求,针对性地设置了通识教育课、专业核心课、专业选修课和实践教学环节等模块。“高分子材料工程方向”的专业课程中包括:“高分子化学”“高分子物理”“高分子材料学”和“聚合物加工工艺学”等,实践环节包括:“课程设计”和“毕业设计”等。其中,“高分子材料学”课程起到衔接“高分子化学”“高分子物理”等基础课程与“课程设计”“毕业设计”等实践环节的重要作用,是培养学生解决复杂工程问题能力的重要一环。但在课程内容的设置上仍存在问题,具体包括:(1)课程衔接作用需进一步强化。基础理论知识与实际工程问题的关联性不够,使学生难以使用所学课程知识来解决具体问题。(2)学生对本专业涉及的行业需求、技术发展情况缺乏了解。课程内容与实际结合不够紧密,导致学生对实际应用中涉及的复杂工程问题不清晰,对解决复杂工程问题能力的培养不利。(3)学生对材料前沿进展了解不足。学生对高分子材料的认识很大程度上停留在传统材料上,但随着科技的飞速发展,出现了诸多种类的高分子材料,典型的如功能高分子材料,学生对其特点和应用知之甚少。

针对这几方面的问题,对“高分子材料学”课程进行教学内容及考核方式的改革,以解决复杂工程问题能力的培养为导向,结合我校石油领域工程经验,把工程问题搬到课堂,提升学生的自主创新与实践能力,以便更加适应社会与行业的需求。

## 二、教学改革内容

### 1. 有效衔接理论与实践课程

“高分子材料学”课程的总目标是为从事材料科学与工程

\*基金项目:2021年第二批产学合作协同育人项目以解决工程问题为导向的教学改革研究产学项目(No:202102153007)。

程研究与工程实践奠定基础,初步掌握分析复杂工程问题的能力,具有根据实际要求进行初步选材的能力。具备查找国内外相关资料,了解相关研究动态,并总结分析的能力。同时,掌握相关专业英语词汇,具备阅读英文文献的能力。本课程内容包括高分子材料的基本概念、基本性能、制备方法 & 加工工艺等,是衔接“高分子化学”“高分子物理”等基础理论性课程与“课程设计”“毕业设计”等实践环节的重要课程,不仅起到承上启下的作用,也是培养学生具备解决复杂工程问题能力的关键一环。但目前课程内容中,基础理论知识与实际工程问题的衔接不够紧密,仍停留在结构与性能之间的关系上,没有进一步把结构、性能与实际应用相挂钩,学生对复杂工程问题的认识并不清晰。例如,学生通过“高分子化学”和“高分子物理”课程的学习,对聚乙烯的合成方法、基本物理特性已经熟练掌握,对其分子结构和聚集态结构的特征也已明确。但对聚乙烯的适用场景并不了解,尤其是在油气装备领域的应用知之甚少。对于在实际应用过程中需要综合考虑哪些因素,如何解决涉及的瓶颈技术问题更是无从下手。

因此,课程选取典型高分子材料,梳理从材料合成到微观结构相关基础理论,首先在学生的知识体系中建立起结构与性能之间的内在关系。在此基础上,以石油装备对高分子材料的需求为主线,将纤维、塑料、橡胶、涂层等高分子材料涉及的复杂工程问题穿连起来,使得各工程问题之间具有一定的连续性、系统性,促进课程中所涉及基础理论知识点和工程问题更好地融合。同时,“高分子材料”课程也是“课程设计”“毕业设计”等实践环节的先导性课程,在“高分子材料”课程中更好地引入复杂工程问题,初步建立起学生识别、表达、分析和解决复杂工程问题的思维体系,为后续的实践环节奠定良好基础,更好地提升基础理论课程与实践课程之间衔接性和连贯性,进而培养学生运用所学的理论知识分析工程问题,并具备使用技术工具解决实际问题等方面的能力。

## 2. 紧密结合学校及专业背景

中国石油大学(北京)从建校发展至今,围绕石油石化产业结构,构建起了由石油石化主体学科、支撑学科、基础学科和新兴交叉学科组成的石油特色鲜明的学科专业布局。本校的材料科学与工程专业致力于培养适应我国石油石化及相关领域发展需要的优秀专门人才,培养学生具备扎实的专业基础,较强的实践能力、知识获取能力、社会交往能力和组织管理能力,使学生具有国际视野和创新思维,能将专业

理论、基础知识与科研、生产实际相结合。但学生对石油装备材料还不够了解,针对油气领域应用环境对材料的要求,选择、设计材料的能力均有待提升,缺乏材料工况适应性、加工性、经济性、现场施工环境、环保、标准等方面的综合分析能力。与我校石油行业背景的结合不够紧密,不利于实现本专业提出的“培养适应我国石油石化及相关领域发展需要的优秀专门人才”的目标。

因此,课程将石油装备中应用广泛的高分子管材引入课程,选取了地面长输管线、井下高分子内衬油管、海洋非金属柔性复合管三个典型的应用场景。从管道的服役工况入手,引导学生分析使用工况对材料提出了哪些要求,结合“高分子化学”和“高分子物理”所学习的基础知识,初步选择材料的范围。课程选取聚乙烯为典型材料,从聚乙烯的分子结构、支化结构、结晶结构入手分析其物理机械性能、耐蚀性能、耐高温性能、加工成型特性以及经济性,梳理不同应用场景对聚乙烯材料的要求,明确其中的关键性能。例如,对于井下内衬油管,首先引导学生基于学习过的油气开采、油气装备以及高分子材料的基础知识,分析井下内衬油管的关键性能,明确内衬油管的关键性能包括耐蚀性能、耐高温性能、强度、耐磨性能、加工性能,引导学生综合考虑以上性能,分析出应使用高密度聚乙烯作为油管的内衬层材料,进一步得出高密度聚乙烯主要在耐高温性能上存在问题,启发引导学生分析给出解决聚乙烯耐温问题的方案,且同时要综合考虑社会、安全、法律以及环境等因素,最终形成井下内衬油管高分子材料的选材、改性和加工方案。通过学习,学生对石油装备领域相关的复杂工程问题有了更加清晰的理解,相关能力得到提升。

## 3. 密切联系材料发展趋势

本专业所在新能源与材料学院以服务国家“双碳”目标,聚焦包括氢能在内的新能源领域,围绕产能、储能、用能涉及的高性能材料,着力开展教学、科研工作,努力培养新能源新材料领域高层次创新型人才和工程应用型人才,为国家能源产业的转型和升级贡献力量。同时,随着新能源、生命科学、信息技术、先进制造、空间和海洋技术等高新技术领域的不断发展,对高分子材料中功能高分子的需求日益增多,学生在今后的就业和研究生学习中,必然会接触到不同类型的功能高分子。但学生对高分子材料的认识主要停留在传统高分子材料上,对高新技术领域中涉及的高分子材料不了解,不能适应其发展要求,与学院的发展方向契合度不高。

因此,在本课程中,增加功能高分子材料的授课内容。但由于课时限制,除介绍功能高分子的基本概况,分类及特点之外,着重讲解与学院和专业背景紧密相关的功能高分子材料,将创新理念、相关的学科前沿成果融入课程。选择在产氢和储氢领域广泛使用的高分子孔材料作为典型案例,介绍影响孔材料性能的主要因素,基于催化产氢,氢气分离与储存的要求来设计孔材料,并掌握相应的制备方法。从孔材料框架材料的化学结构、孔径、孔容以及孔的几何形状入手分析其吸附能力、储存能力、物理机械性能及加工成型特性,明确不同应用场景对孔材料的要求,引出其中涉及的复杂工程问题。为了对课堂内容进行补充,充分利用课外时间,将学生分成小组,课下查阅相关的国内外高水平论文,使其对功能高分子有更深入的了解,与课堂教学形成互补。同时,结合课上和课下所学知识,对复杂工程问题进行识别、表达、分析,并提出解决方案,撰写总结报告。在此过程中,除了培养解决复杂工程问题的能力之外,学生还能够锻炼团队分工、协作能力,加强合作意识。同时通过学习,学生对高分子材料产生了更加浓厚的兴趣,加深了学生对本专业的认识和认可。此部分课程内容也为学生后续的“课程设计”和“毕业设计”等实践环节的选题,甚至研究生课题的选择奠定了良好的基础。

#### 4. 考核方法改进

考核是检验课程是否达到教学目标的重要手段。但之前本课程的考核通常仅采用结课考试的方式考查学生对课程知识的掌握程度,难以与课程内容改革相匹配,不能更好地检验学生对复杂工程问题的识别、表达、分析、解决能力,无法体现学生在此过程中的团队协作。因此,在对教学内容进行改革的同时,也势必要对考核方式进行改进。

为了更好地检验学生解决复杂工程问题的能力,首先将课程考核的方式多元化,更加注重加强过程考核,增加过程考核成绩所占比例。教师紧密结合功能高分子材料涉及的实际问题,设置一些蕴含复杂工程问题的题目,让学生组成团队,设立组长,明确组长和组员的分工。学生基于所学的基础理论知识,并结合网上所查找的资料,形成一套解决问题的详细方案,提交报告的同时,组织学生进行答辩,对所设

计复杂工程问题的识别、分析、解决的方案进行讲解,组员分别对自己负责的部分进行讲解并回答问题,让每位学生都能够真正参与其中。教师针对学生对基础理论知识的掌握程度、问题的分析理解、方案的设计、其他因素综合考量、团队合作、文献查阅、答辩过程等方面进行综合考核与评价。另外,在结课考试中增加开放式题目,基于油气装备高分子材料领域的实际问题设立题目,题目针对某种高分子材料在应用中存在的一个问题来设置,问题难度适中,让学生能够根据课堂所学知识和课外知识的积累,在有限的时间内给出解决问题的初步思路和方案纲要,从而进一步考查学生对典型工况技术要求的掌握程度,对工程问题的分析能力、理论知识与实际需求的关联能力。

#### 结语

以解决复杂工程问题为导向,针对存在的课程衔接作用不强,学生对行业需要、发展情况缺乏了解,对材料前沿进展认知不足等问题,重点对“高分子材料学”的课程内容和考核方式进行了设计优化。教学改革促进了各课程之间的融会贯通,学生对实际应用中的复杂工程问题有了更加深入的了解,对复杂工程问题的识别、分析、解决等方面能力显著提升。

#### 参考文献

- [1]邓峰.以解决复杂工程问题为导向的课程改革[J].福建电脑,2021,37(11):127-129.
- [2]曹旗磊,王涵,王金鹏.工程教育专业认证标准下程序设计基础教学改革[J].计算机教育研究,2020(11):126-130.
- [3]王红霞,程伟丽,牛晓峰,等.以解决复杂工程问题能力培养为导向构建递进式多级创新实践教学体系[J].中国现代教育装备,2021(13):79-81.
- [4]王莹,王晓婕.面向复杂工程问题的课程体系建设探索[J].中国多媒体与网络教学学报,2019(12):63-64.

#### 作者简介

孟晓宇(1980—),男,副教授,研究方向:高分子材料。