

## 多层次高分子专业综合实验教学体系构建与探索

陈 珺\*, 钱 浩, 赵青华, 杨 乐, 陈晓闽

(华侨大学 材料科学与工程学院, 厦门 361021)

**摘要:**随着新工科教育的不断推广和深入,培养学生自主学习能力、工程实践能力及创新精神,成为目前工科教育中十分迫切和棘手的问题。针对我校高分子材料与工程专业的实验教学中存在的弊端,提出了构建多层次、开放化的专业综合实验教学体系。通过开设专业基础实验、专业综合实验和开放实验构建完整的课程体系;通过“翻转课堂”的授课形式,搭建虚实结合、线上线下有机融合的教学模式;通过多层次、有选择的教学内容满足学生们的知识需求;通过 Capstone 教学模式培养学生的团队合作能力和创新能力。该教学过程在开展时更贴合企业的项目研发流程,以团队合作的形式展开,更能激发学生的专业兴趣和创新能力,调动学生的学习主动性,加强学生对高分子材料研究的整体认知。

**关键词:**高分子材料;多层次教学体系;综合实验;立体化教学;Capstone;实践模式

高分子材料已经深入到国民生活的每一个角落,相关产业得到了蓬勃发展,但竞争也日趋白热化,企业对高分子专业本科毕业生的实践能力和创新能力提出了越来越高的要求。实验教学课程作为培养学生工程实践能力和创新能力的重要环节,对学生综合能力的提升发挥着举足轻重的作用。本课题在教学实践中,设计构建了以综合性实验为主线、以开放性实验为辅助的多层次高分子综合实验教学体系,每一个综合实验项目都涉及多个高分子材料实验,有效融合理论知识和实验操作能力,培养学生在研究、实践过程中,对高分子材料的合成、结构、性能、表征和加工成型各个环节的整体性认识。并在具体实施过程中,采用多元化、虚实结合的教学模式,丰富课程内容,增加课程趣味性,激发学生自主学习的热情,培养他们分析问题和解决问题的能力。

### 1 高分子专业实验教学过程中存在的问题

由我院高分子材料与工程专业实验教学体系现状分析,仍以培养学生基本技能的验证性实验为主,在实验教学实施过程中,往往存在如下诸多弊端:

片段式、割裂式的课程体系,课程之间的界限太明显,导致学生对各门课程的交叉应用,存在很多壁垒<sup>[1]</sup>。但是高分子材料学科是实用性很强的学科,必须综合应用各个学科的基本知识,才能对高分子材料的结构、性能、加工成型等工艺环节做出准确的判断。因此,在实验课程中,如果依然采用界线分明的学科分类进行教学,很难在实践教学中,培养学生对所涉及的学科知识进行融会贯通的能力。

以验证性实验为主,学生单纯地根据教师讲解的实验步骤和演示,依葫芦画瓢机械地重复,只关注实验结果的好坏,缺乏根据理论知识对实验设计、实验现象、实验数据进行系统思考的能力,使得实验教学仅仅停留在培养学生基本实验技能及验证理论知识的层面<sup>[2]</sup>,不利于培养学生主动应用知识的能力。

实验教学不仅仅为了培养学生的专业实验技能,更重要的是通过实操加深对相关理论课程的理解和应用。传统的授课形式以口头讲解配合板书开展,对原理应用的讲解无法深入,而口述实验操作则缺乏

10.14028/j.cnki.1003-3726.2020.07.008

收稿:2020-02-18;修回:2020-06-02;

基金项目:华侨大学 2017 年实验教学改革与建设课题(Z17X0126);

\* 通讯联系人:陈珺(1984-),女,汉族,实验师,硕士,主要从事高分子化学及聚合物加工实验室管理及实验教学。E-mail: chenjun@hqu.edu.cn.

实验过程的可视性和与学生的互动性,无法涉及细微的实验现象,学生只是被动地接受,不利于提高学生发现问题,分析及解决问题的能力。

目前理工科实验课程普遍存在着教学场所不足,所配置的仪器设备有限的通病。大部分实验项目仅由单台仪器设备承担,在固定的教学课时中,很难让所有的同学都参与动手实践,不利于有效培养学生的实际操作能力,更难深化培育工匠精神。

2 多层次课程体系构建

高分子材料与工程专业本科实验教学一般包括高分子化学、高分子物理、高聚物结构表征、聚合物成型加工四大部分。其中,高分子化学主要介绍高分子的各种合成方法、机理及与其分子结构的关系,高分子物理则重点讨论高分子聚集体结构与性能的关系,高聚物结构表征侧重掌握在研究高分子结构与性能过程中所采用的方法和测试手段,而聚合物成型加工则重点研究加工设备和工艺对产品成型过程和性能的影响。这几门课程围绕高分子材料的不同角度展开,环环相扣,形成一个实践教学闭环。但现行培养方案所涉及的实验课程仅配合对应理论课程展开,几门课程分别开设在不同学期,由不同教师教授,相互割裂,关联度较差<sup>[3]</sup>。这就导致学生们在完成整个实验课程后,仍然无法掌握高分子材料研发的基本研究方法,不利于培养其良好的工科实践能力。

针对传统课程体系这一弊端,本课题设计了多层次的实验教学体系,以综合型实验项目为手段,将各门独立的专业实验课程相互融合,构建高分子专业大综合实验平台。该课程体系包括三个阶段:第一阶段,专业基础实验(必修),旨在培养学生的基本实验技能,熟悉合成方法、实验装置、分析测试仪器及成型加工设备,占总课时量的 30%;第二阶段,专业综合实验(必修),该部分课程以教师指定实验题目,给学生完整的实验指导书,由学生自主操作实验和自主分析实验结果,占总课时的 70%<sup>[4]</sup>;第三阶段,开放性实验(选修),导师规定几个选题方向,学生可以结合自身的兴趣,根据实验室提供的基本条件,设计具体的实验项目,对于某些前沿热门项目可由教师的科研课题提供,以大学生科创或创新创业项目形式展开,倡导学生发挥兴趣,个性化发展,培养学生自主创新能力,附加 20%的课时量<sup>[5]</sup>。

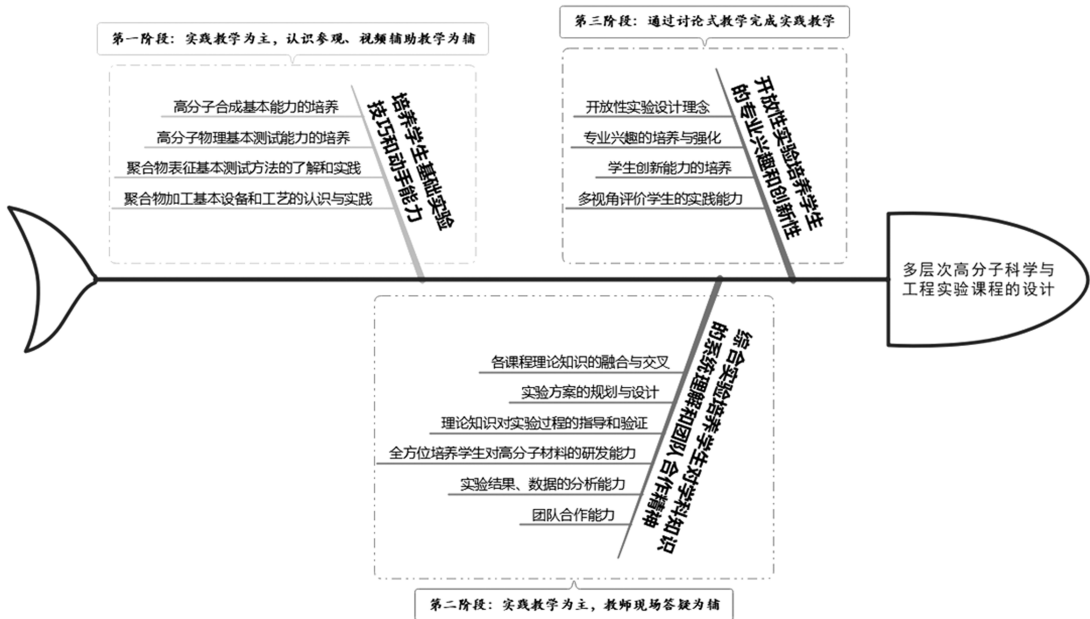


图 1 高分子材料与工程专业实验课程的多层次设计思路

Figure 1 Multi-level design idea of experiment course of polymer materials and engineering specialty

本课程体系的核心在于将高分子化学实验、高分子物理实验、高聚物结构表征实验及聚合物成型加工实验有机地串联起来,有利于学生综合应用理论知识,从高分子的结构设计入手,通过高分子合成技术制备相应的目标产品;利用高聚物表征的测试方法,检测目标产品的结构与组成;通过高分子物理的测试手段,分析目标产品的基本性能,建立起结构与性能的对应关系;利用聚合物加工的仪器和设备,分析其加工成型过程中的基本特点,并对其性能的主要影响因素做深入分析<sup>[6]</sup>。该体系旨在培养学生灵活运用专业知识分析和解决生产实践问题的能力,强化其产品设计和研发的基本技能。

高分子专业综合实验体系实现了多门理论课程知识与多种实验技能运用的融合,使学生充分了解一个研究项目从开发到应用的整个流程,掌握科学研究的基本方法,从而使其由被动接受改变为主动学习。

图 2 是其中一个综合实验项目的流程图。

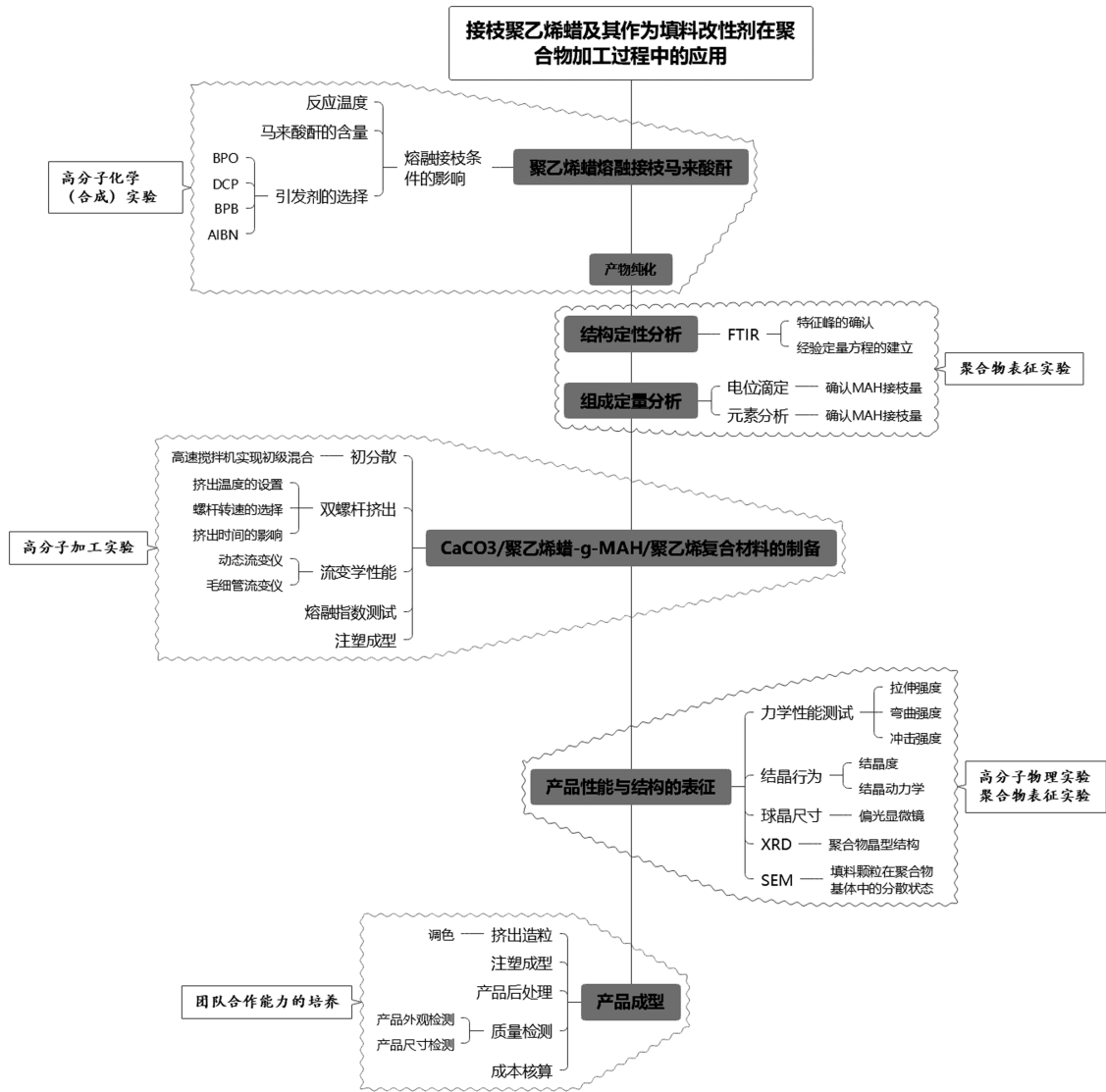


图 2 接枝聚乙烯蜡改性 CaCO<sub>3</sub>/聚乙烯复合材料性能的综合实验

Figure 2 Comprehensive experiment in property of stem grafting PEW modified CaCO<sub>3</sub>/PE composite

从图 2 可以看到,高分子专业综合实验体系的构建将各门高分子专业课程的理论知识和实验技能充分地揉和在一起。在 高分子合成环节,利用聚乙烯蜡良好的流动性来实现熔融反应的实验项目,不仅反应操作简单,而且反应装置易于搭建,解决了以往高分子化学实验中,做熔融聚合(反应)过程中,实验比

较危险,装置复杂的难题;而聚合物表征的技术则穿插于整个实验实施过程中,不但对接枝产物的结构和组成进行分析,而且和高分子物理实验相互穿插,系统地测试  $\text{CaCO}_3$ /聚乙烯蜡-g-MAH/聚乙烯复合材料的结构和性能;高分子加工的实验部分,把该复合材料的组成、加工工艺等与其流变学性能之间的关系对应起来,充分了解材料加工成型过程中的影响因素;最终的产品成型过程,设计为 Capstone 教学模式<sup>[7,8]</sup>(整合性实践课程),充分培养学生的团队协作意识。

该综合实验的执行流程与企业中研发项目的规划方案比较贴合,非常有利于培养学生良好的研发意识、能力和习惯,有利于学生快速适应企业的工作流程。同时,我们将这种综合实验的教学模式,与部分企业进行探讨时,他们都给予很大的支持,并提出了中肯的建议。

### 3 多元化、开放化的实验教学模式

#### (1)采用翻转课堂的教学模式进行授课

充分利用网络信息技术,搭建虚实结合,线上线下有机融合的立体化、多元化教学资源,有效提升学生学习的主动性和积极性。

针对目前实验课程的设计方案,如果依然采用传统的课堂教学,是很难满足要求的,而且会极大地增加教师的工作量。因此,本课题组依托现代网络信息技术,制作了大量教学视频讲义<sup>[9]</sup>。视频讲义由三部分组成,包括实验原理的讲解、实验操作过程演示及 3D 动画过程或实际生厂工艺流程。通过色彩丰富,形象生动的 3D 动画展示仪器内部动作原理及物料状态,又或者引入工业生产视频片段,增加课程趣味性,有利于学生将抽象的概念立体化,生动化<sup>[10]</sup>。同时,在视频讲义的设计过程中,设计大量的思考空间,以疑导学,引导学生主动思考。通过视频授课,实现点对点的多次重复教学,不仅降低了教师的工作强度,也有利于学生充分利用碎片化的课余时间。

实验课程本身要求很强的实践性,而预习过程,课后复习过程又要求有大量的数字资源进行支撑,这样才能有效提高教学质量。因此,老师们在视频化讲义基础上,开发了相应的学习网站,增加了课程报告提交、在线论坛、优秀课程报告展示及实验室/大型仪器预约等模块,从实验教学各个环节,多方位丰富教学资源。例如,专门开设了教学互动论坛,目的是为同学们提供在线交流和发表意见的平台,所有同学都可以参与,有效提高实验教学的互动性,课堂不再拘泥于教室或实验室中,而是随时随地实现一对一答疑解惑。同时,通过在线讨论,帮助教师进行资源的收集和素材的整理,根据同学们热点讨论的问题,针对性地安排教学的重点和难点,实现实验教学对课堂教学效果的检验和反馈。

#### (2)开放式的教学管理

在短时间内,很难有效扩展教学空间和教学设备,而且大量的仪器设备,如果使用率不足,也容易造成极大的浪费。因此,在教学管理过程中,采用实验室预约制度来实现实验室、仪器及实验时间的开放。每个学生登录实验教学网站,在实验室预约模块中依据本组实验进度选择所需的实验室,完成针对本实验室涉及实验试剂、实验器材等所编撰的安全知识考试并合格后,进入预约界面完成该实验室或实验设备的预约。硬件资源的开放化,将实验时间延长至课外,提升实验仪器的利用率,并且可以同时开展多个实验项目,极大地改善了传统教学模式中“走马观花”以示范为主的教学方式,保证每位同学都能够自己动手,使学生充分“体验、理解、内化、应用”<sup>[11~13]</sup>。

#### (3)教学内容的多元化和开放化

为了满足部分学习能力较强的学生对专业知识的渴求,选修实验课程应运而生。在这个环节,每年由指导老师规定某个研发方向,同学们根据实验室所能提供的实验条件,通过文献检索,资料查阅,小组讨论,自主设计实验方案、独立实施并对实验结果进行分析。实验开展全过程以学生作为主导,教师从旁辅助,学生通过亲身实践,锻炼分析问题、解决问题的能力,有效培养学生的专业兴趣,激发学生的自主创新能力,并极大地增加课程的趣味性和互动性。

#### (4)以 Capstone 教学模式组织开展实验

高分子专业综合实验的组织实施过程采用 Capstone 教学模式,即整合性实践课程开展。整个教学过程包含项目选择与分工、实验方案拟定、配方与工艺优化、材料成型加工、性能检测、产品总成及课程报告撰写 6 大模块<sup>[14]</sup>。实验以 3~4 人/组的团队形式开展,团队成员依照自身的兴趣从指定实验项目中选择若干,根据成员特点进行分工,每个学生都有各自的角色,负责综合实验中的某个环节或是加工成型制品的某个构件,整个实验过程教师只负责从旁监督、指导和辅助解决疑难。指导教师可灵活运用线下跟踪和线上论坛讨论的方式及时与学生进行沟通,掌握进展情况,让学生做主,充分发挥其主动性和创造性。各环节完成后,团队成员将实验数据分析处理后,再进一步沟通讨论,将实验结果进行平行的比较,通过理论知识理解实验条件对产品性能的影响,结合各自的实验心得,形成本团队综合课程报告<sup>[15]</sup>。同时,采用 Capstone 教学模式开展综合实验课程,有助于提升学生在交叉学科背景下的团队协作意识。

## 4 结 语

依托网络化实验教学平台,构建多层次、多元化的综合实验教学体系,并通过 Capstone 教学模式组织实验的具体开展。本课程的教学过程,有助于学生树立对高分子材料整体性的认知,形成完整的学科知识链,并掌握系统的研发方法,对培养学生的专业兴趣,提升其创新能力和专业实践能力都有明显的效果。同时,为学生尽快适应毕业论文工作,甚至是后期从事科学研究、技术开发提供实践能力和科研素质方面的保障。

## 参 考 文 献:

- [1] 李海明,魏冬青,刘志军,田中华. 实验科学与技术,2009,2:126~127,155.
- [2] 杨明波,杨慧,唐丽文,赵伟霖,陈健. 实验技术与管理,2017,24(1):8~10.
- [3] 王吉会,赵乃勤,李宝银,韩雅静,李群英. 实验室研究与探索,2005,24(3):8~10.
- [4] 杨鑫莉. 化工高等教育,2013,5:63~64,77.
- [5] 郭正虹,方征平,程捷. 高分子通报,2011,5:103~106.
- [6] 王新平,王菊萍,张丽,张伟,叶鹏. 高分子通报,2010,7:97~102.
- [7] 刘艳琼,吴怡. 太原城市职业技术学院学报,2018,11:146~148.
- [8] 梁晶. 西北成人教育学报,2012,4:33~36.
- [9] 吴翠玲,陈珺,钱浩. 高分子通报,2016,6:84~89.
- [10] 殷勤俭,周歌,何波兵,陈弦,陈民助,江波. 高分子通报,2007,7:65~68.
- [11] 赵雷康. 理工高教研究,2002,21(2):111~112.
- [12] 王小丹,潘育方,刘宁,李田,刘丰收,黄菊. 广东化工,2014,41(22):185~186.
- [13] 杨明山. 化工高等教育,2010,1:25~28.
- [14] 夏茹,周艺峰,林宏云,苗继斌. 高分子通报,2010,12:95~98.
- [15] 钱浩,张莹雪,林志勇. 实验技术与管理,2007,24(8):78~81.

# Constructing and Exploration of Multi-Layer Teaching System of Polymer Comprehensive Experiment

CHEN Jun<sup>\*</sup>, QIAN Hao, ZHAO Qing-hua, YANG Le, CHEN Xiao-min  
(College of Materials Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Along with the popularization and extension of emerging engineering education, it become much urgent to cultivate the students’ abilities of self-directed learning, professional practice and creativity. Regarding the existing disadvantages of experimental teaching of polymer materials and engineering specialty in our school, it proposes constructing multi-level and open professional comprehensive experimental teaching system. Through professional basic experiment, professional comprehensive experiment and open experiment, it sets up entire curricula system. Through adopting the teaching form of “flipped classroom”, it establishes the teaching mode with the combination of virtuality and reality, and online and offline organic integration. Using multilevel and selective teaching content meets student’s knowledge demand. By using Capstone teaching mode, it cultivates student’s team cooperation ability and innovative ability. When developing this teaching process, it fits for research and development process of enterprise R&D project. In the form of team cooperation, it can better arouse student’s interest and innovative ability in this specialty, bring the students initiative into play, and enhance student’s holistic cognition to the study of polymer materials.

**Key words:** Polymer materials; Multi-level teaching system; Comprehensive experiment; Three-dimensional teaching; Capstone; Practice model