

工程教育专业认证导向下的高分子科学实验 连贯式教学模式探索与实践

丁国新,张宏艳*,程国君,万祥龙,王周锋,高俊珊,田恐虎

(安徽理工大学材料科学与工程学院,淮南 232001)

摘要:以工程教育专业认证的视角为着眼点,按照认证的要求出发,分析了安徽理工大学“高分子科学实验”教学的现状及存在问题。通过对课程内容和教学进度的合理调整和改进,提出了连贯式教学模式,并通过两个实验实例进行研究和阐述,实验内容互相串联,环环相扣,提高了实验效果。经过三年的持续改进和教学实践,证明了连贯式实验教学模式不仅提高了学生对实验课程学习的兴趣和解决实际问题的能力,而且培养了学生的创新能力和严谨的科学态度;对专业认证标准下的实验教学有着重要的借鉴意义。

关键词:工程教育专业认证;连贯式教学;高分子科学实验

引言

学生为中心的教育理念、成果为导向的教育体系、持续改进的质量观是工程教育专业认证的三大基本理念^[1~4]。新形势下的今天,学生不只是关注“我得到了什么”而是更多的聚焦于“我应该得到什么”^[5]。对于以工科为主的高校来说,如何切实做好以“学生为中心”、满足学生“应该得到什么”,是施行工程教育专业认证的宗旨。通过以成果为导向的专业培养,学生具备了扎实的专业知识,较强的实践和创新能力,进而能够解决复杂的工程问题,更好地适应社会发展^[6]。实验教学是专业认证中的重要环节,其中制定科学合理的实验教学体系和模式对于提高高校人才培养质量、学生创新精神和实践能力达成具有十分重要的意义^[7~9]。

1 认证标准对实验教学的要求

依据工程教育专业认证标准,安徽理工大学高分子材料与工程专业培养目标明确要求:学生应具备良好的人文科学素养、道德水准和高度的社会责任感;具有扎实的自然科学基础、高分子材料科学与工程专业知识、工程管理等基本知识;具有高分子材料技术开发、工程实践和科学研究的能力;在材料科学与工程交叉领域具备材料合成与加工、成型工艺设计和改性、项目开发、规划、管理、鉴定分析和解决高分子科学与工程中复杂工程问题的能力;有较强的表达、交际和团队协作能力,能够在高分子材料科学与工程交叉领域成为一名实用、创新型工程技术及管理人才。

为了使毕业 5 年左右的高分子专业学生能够达到培养目标要求,就需要在实验教学中多探索、多实践,将实验教学项目化,实验内容设计应尽可能做到具体性、复杂性和挑战性,避免程序性、验证性;同时实验内容应具有一定的时效性、真实性和连续性。实验教学的安排要减少对学生的约束,增加开放性实

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.11.014

收稿:2021-04-26;修回:2021-08-08;

基金项目:安徽省省级教研项目(2019jyxm1162,2018jyxm0146),安徽省省级课程思政示范课程(2020szsfkc0332),安徽省省级质量工程项目(2018sjjd016),安徽省省级教学示范课《高分子物理》(751),安徽理工大学《高分子物理》一流课程建设项目;

作者简介:丁国新(1979-),男,副教授,山东人,研究方向高性能橡胶复合材料。E-mail: dgx480@163.com;

* **通讯联系人:**张宏艳(1979-),女,高级实验师,吉林人,研究方向聚合物基复合材料的设计与制备。E-mail: zhyymq@163.com.

验和设计性实验,提高学生的创新意识和解决复杂工程问题的能力^[10,11]。

2 高分子科学实验教学现状

安徽理工大学高分子材料与工程专业以往主要开设三门专业实验课:高分子化学实验、高分子物理实验、聚合物加工原理实验。各门实验内容主要依附于各自的理论课程,开设的实验项目多以验证性实验为主。高分子化学实验以聚合物的制备为主;高分子物理实验以聚合物的结构、性能测试为主;聚合物加工原理实验主要围绕橡胶和塑料的成型加工为主。实验课堂上,指导老师讲解实验目的、原理、步骤及注意事项,然后学生按照实验讲义“照方抓药”,只需动手,不用动脑就能完成实验项目。尤其是合成聚合物的高分子化学实验,得到的产物大多是烘干、拍照、称质量算产率、结构表征后直接倒掉;对于产品是否达到要求,如何后处理、如何加工,学生仍是一头雾水,实验过程模模糊糊、实验结果晕晕乎乎^[12]。学生晕,老师急,追跟到底是实验教学不能像理论教学那样,可以把知识融汇贯通,进行连贯式教学。每门实验课程独立式教学,不同老师承担,实验项目之间衔接少,不连贯,学生知识面得不到拓展,只能被动、孤立地掌握单方面的实验技能,只知其一,只知其然,无法让学生对实验教学有浓厚的兴趣、有足够的重视,这样的实验教学模式与专业认证导向下对学生培养目标的要求是不相符的^[13]。

3 高分子科学实验连贯式教学模式

2018 年,我院高分子材料与工程专业递交了工程教育专业认证的申请,以此为契机,对实验教学进行了全面的审视和改革,在现有条件下,对三门独立式教学的实验课,内容上进行优化整合,教学进度、教学方法和组织形式上进行适当的变革,制定了适合本专业学生更好发展的连贯式实验教学模式。经过三年来的实践,连贯式教学模式被证明是提高实验教学质量有效的方法之一。

3.1 教学内容优化整合

采用连贯式教学模式,首先对实验教学内容进行优化整合,三门实验课程整合为两门课程,分别为:《高分子化学与物理实验》(64 学时)、《高分子材料成型加工与分析测试实验》(32 学时)。以理论课程相关知识点为基础构建综合性、设计性、连贯式实验,《高分子化学与物理实验》涵盖了高分子化学、高分子物理及现代仪器分析测试技术等理论课的知识内容;《高分子材料成型加工与分析测试实验》涵盖了高分子材料加工原理、高分子物理、现代仪器分析测试技术、橡胶加工工艺原理、聚合物助剂原理等理论课的知识内容。下面我们用两个实例说明连贯式教学模式下实验过程与实验结果。

实例一、有机玻璃(PMMA)的制备及其相关物理参数的测定

未优化整合前,有机玻璃的制备是一个 2 学时的验证性实验,主要是让学生掌握本体聚合的原理及有机玻璃制备方法。实验结果是学生直观地看到一片自制的有机玻璃。连贯式教学模式下将高分子化学实验与高分子物理实验的内容优化整合,实验题目为“有机玻璃的制备及其相关物理参数的测定”。将原有实验指导书上的 4 个学时的“稀溶液法测定聚乙烯醇的黏均分子量”中的聚乙烯醇改为有机玻璃;2 个学时的“浊点法测定聚苯乙烯的溶度参数”中的聚苯乙烯改为有机玻璃;增加了有机玻璃的介电性能、表面电阻的测定。学生制备的有机玻璃不再只是观赏,我们通过激光雕刻机雕刻了一定规格数量的圆形有机玻璃片,作为其介电性能及绝缘性能测定的备用原料。根据实验性质和完成时间认定该实验为 8 个学时的综合性实验。具体实验内容和学时分配如图 1 所示。

实例一中,在与本专业认证相符的培养目标的要求下,我们施行连贯式实验教学,优化整合后的高分子物理实验以测定有机玻璃的物理参数为主,根据现有实验条件让学生测定了有机玻璃的黏均分子量、溶度参数、介电性能及绝缘性能。物理参数的测定不仅让学生了解了相关设备的测试原理、操作过程及实验数据处理方法,更让学生懂得产品质量、产品的性能与企业的发展息息相关,作为一名技术人员对待科学研究最好的态度就是严谨。经过测试,学生自制的有机玻璃片性能良好,其物理参数测试结果如下:

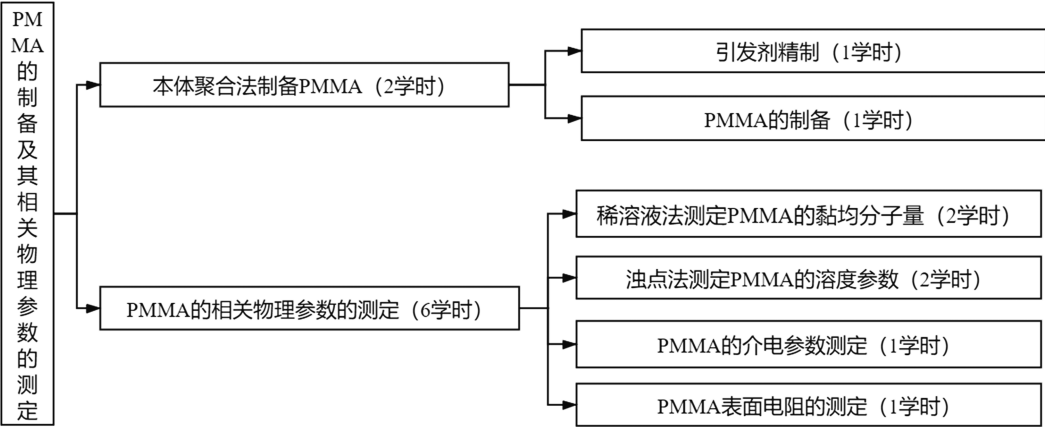


图 1 实例一实验项目及学时分配

Figure 1 Experimental project and class hours allocation of Example 1

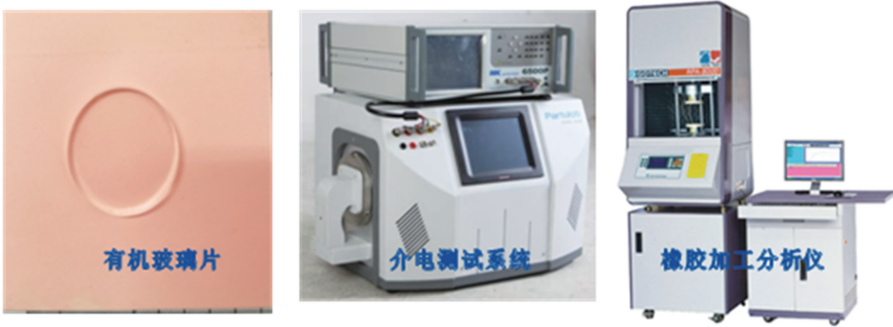


图 2 自制有机玻璃片及相关测试设备

Figure 2 Homemade plexiglass sheet and related test equipment

表 1 学生自制有机玻璃相关物理参数测试数据

Table 1 Related physical parameter test data of student-made plexiglass

黏均分子量(M)	溶度参数(δ_p)	介电常数(ϵ)	介电损耗($\tan\delta$)	表面电阻(R_s)
45638g/mol	18. 6(MPa) ^{1/2}	2. 65	0. 0216	11500Ω

实例二、SMA 树脂的制备、结构性能测试及应用

未优化整合之前,“苯乙烯/马来酸酐的交替共聚制备 SMA 树脂”是一个 4 学时的验证性实验,主要学习交替共聚的原理及制备方法。连贯式教学模式下,通过溶液聚合法合成 SMA 树脂,测试过程中,我们将以往高分子物理实验中的“聚乙烯薄膜的红外光谱分析”、“聚乙烯薄膜的表面润湿分析”、“聚丙烯的差示扫描量热分析”中的聚乙烯、聚丙烯更换为 SMA 树脂,同时增加了 SMA 树脂的扫描电镜的表面组织结构分析。为了让学生更好理解 SMA 树脂用途,将其作为一种补强填料用于后续的高分子材料成型加工实验中。通过拉伸试验机及新购的橡胶加工分析仪(RPA)对 SMA 树脂改性的橡胶进行力学性能及松弛行为测试。具体实验内容和学时分配如图 3 所示:

实例二中,交替共聚法制备了 SMA 树脂,根据实验室现有条件,我们对树脂的结构、形貌、润湿性及热性能进行测试分析。学生通过实验学会并掌握了现代仪器中红外光谱仪、扫描电镜、接触角测定仪、热分析仪的工作原理、操作方法及数据处理,为以后的科学研究奠定了基础。高分子材料成型加工与分析测试实验中,我们将以往称量后直接丢弃的 SMA 树脂变废为宝,作为天然橡胶的填料经开炼机混炼、硫

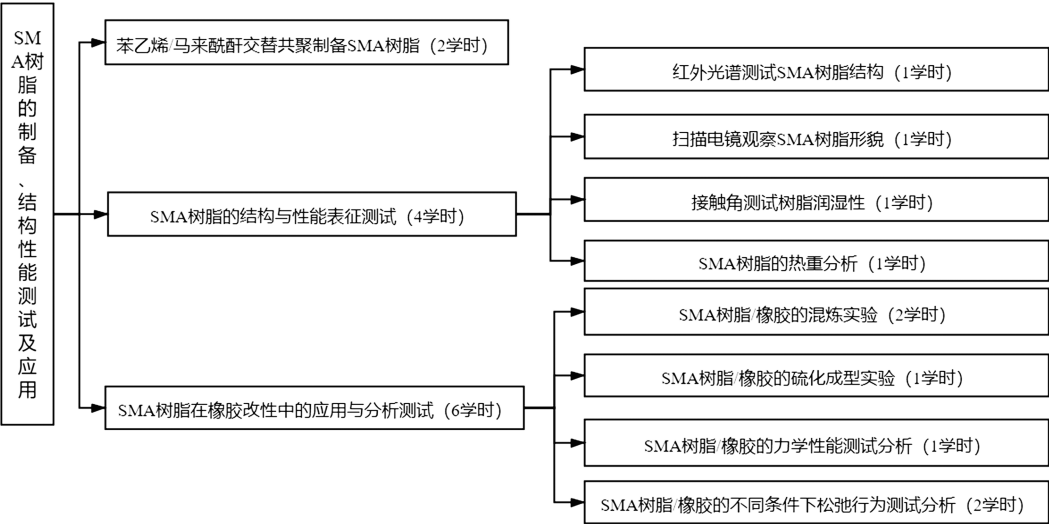


图 3 实例二实验项目及学时分配

Figure 3 Experimental project and class hours allocation of Example 2

化机成型后,拉伸试验机、橡胶加工分析仪对橡胶样条进行性能测试,获得良好的实验结果。图 4 中 E、F 图即为天然橡胶未添加 SMA 树脂前后利用橡胶加工分析仪对其应变和频率与储能模量的关系变化对比图。实验表明 SMA 树脂的加入有助于提高橡胶的储能模量,抵抗外界破坏的能力变强。

通过实例一、二看出,连贯式教学模式下我们开设的两门实验课程内容上紧密衔接,从产品的制备、结构、性能、参数的测试到实际应用的整个流程中,学生细致分工,紧密合作,即掌握了实验原理、实施过程,又能够对相关设备有进一步的了解,更重要的是对高分子实验产生浓厚的兴趣,对专业前景进一步认识,对学生以后的科研道路更是奠定了良好基础。

3.2 教学进度与教学方法适当调整

独立式教学更多依附于理论课内容,因此教学上与理论课同步进行。而连贯式教学在教学进度上要有所改变。以往情况下第 5 学期开展高分子化学实验,第 6 学期开展高分子物理实验与聚合物加工原理实验。而连贯式教学模式下,意味着几门理论课同时开展而实验课也要紧随其后,这种教学进度会直接导致理论课程没有学习就做实验的情况频频出现;为了解决这个问题,我们对教学进度进行相应的调节,由于高分子化学与物理实验学时多,因此在第 5 学期开始每周两次实验,在本学期末的最后两个星期内集中教学进行收尾工作;高分子材料成型加工与分析测试实验学时相对较少,则放到第 6 学期的下半学期及最后两个星期集中教学。

3.3 实验指导老师的适当调整

独立式教学模式下,每门实验课都是由相关理论课程老师负责理论讲解,专职实验老师负责现场指导。而连贯式教学模式下,根据实验项目所涉及到的内容,由相关的理论课程老师和专职实验员共同指导,每个项目的指导老师不少于 3 人,理论课的老师的几乎全员参与到每门实验课中,这为师生的课下互动创造了一个良好的平台,学生有问题能够得到及时解决,老师对学生的专业知识的掌握程度也能够更好地了解,教学相长,实践出真知。

3.4 工程教育认证为导向下的高分子科学实验的发展及努力方向

虽然对高分子科学实验进行了变革,但与工程教育认证中要求对学生创造思维能力的发挥、解决实际问题的能力的培养还有一定距离。今后的实验教学中,我们致力于开发适用于绿色化学、环保材料、智能材料的特色实验项目,将课堂教学、实践教学、研究课题、专业特色有机结合,让学生更多地参与到老师的课题中,设计出更多的适用于课堂教学的综合性、设计性实验。目前在学校的大力支持下,我们正积极

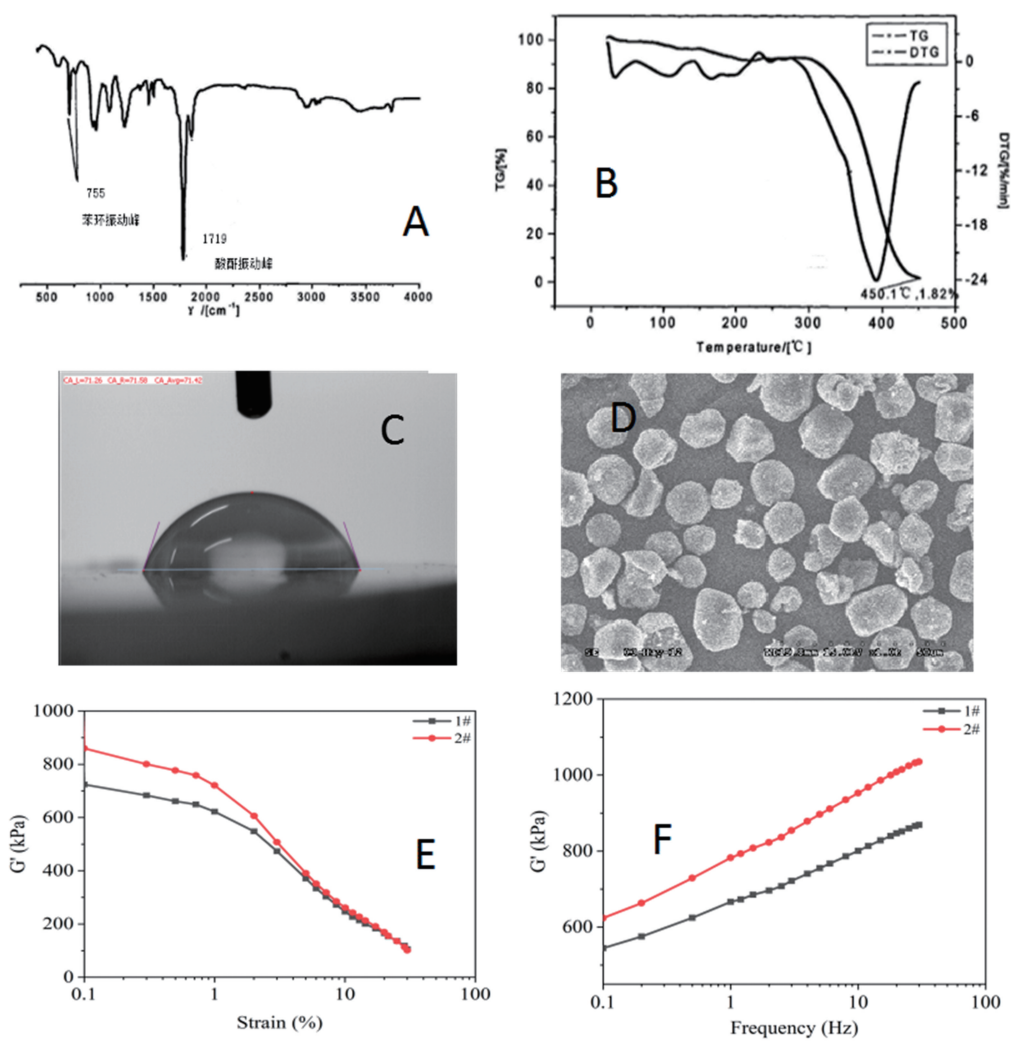


图 4 SMA 树脂的结构、形貌及性能表征图

Figure 4 Characterization diagram of structure, morphology and performance of SMA resin

地建设虚拟仿真实验平台^[14]，将线上线下教学灵活的运用到高分子科学实验中，这将能够更好地培养学生科学的思维习惯和动手能力，发挥其主观能动性，为学生日后的就业及再深造创造更好的条件^[15]。

4 结语

基于 OBE 的教育理念为引导，充分结合“新工科”要求，融合与时俱进的专业发展，体现“三全育人”理念，我们在实验教学中不断摸索，积极推进连贯式实验教学模式改革。经过三年的探索实践取得了不错的效果，学生综合素质持续提高，培养成效显著，近 3 年本科学学生获国家级学科竞赛奖多项，获批大创项目 40 多项，以第一作者发表论文 20 余篇；毕业生研究生录取率近 35%，就业率达 98.7%。连贯式教学模式下的实验课程紧跟专业认证的步伐，对实验教学质量评价反馈的问题持续改进，不断推进教学质量的全面提升，培养符合社会需求的高分子专业人才是我们不变追求。

参考文献：

[1] 张学敏,李金凤,侯秀宁,刘思瑶.高教学刊,2020,34:100~103.
[2] 李瑞丽,孟祥海,魏强,徐春明,高金森,周亚松,刘植昌.化工高等教育,2021,38(1):111~117.

[3] 周春月,刘颖,张洪婷,卢燕飞. 实验室研究与探索,2016,35(11):206~208,220.

[4] 左丹英,刘晓洪,顾绍金,孙九霄,黄乐平. 高分子通报,2020,8:92~96.

[5] 余勤,曾晓东,王建,杨晓梅,梁斌. 实验技术与管理,2019,36(4):183~187.

[6] 程国君,丁国新,于秀华,王周锋,高俊珊,万祥龙,田恐虎. 高分子通报,2020,10:79~86.

[7] 白彦,张文静. 中国高等教育,2018,Z2:60~62.

[8] 王小明,贾霞. 轻工科技,2019,35(2):166~167.

[9] 林健. 高等工程教育研究,2016,5:17~26,38.

[10] 杜慧芳,王西平,王荣花,罗佳,卢丽娟. 实验技术与管理,2017,34(3):210~213,245.

[11] 张其梅,李准准,李敏,钱立武,伍光辉,汪新. 高分子通报,2017,7: 90~93.

[12] 赖华,刘兴,谭雄文,黄耿. 广东化工,2016,43(16):229,238.

[13] 杨明山. 化工高等教育,2010,1:25~28.

[14] 曾祥炎,孟阳. 实验室研究与探索,2021,40(3): 141~144,152.

[15] 钱洁,石嘉豪,费俭. 实验室研究与探索,2010,29(1):132~134.

Exploration and Practice of Coherent Teaching Model of Polymer Science Experiments under the Guidance of Engineering Education Professional Certification

DING Guo-xin, ZHANG Hong-yan^{*}, CHENG Guo-jun, WAN Xiang-long, WANG Zhou-feng,
GAO Jun-shan, TIAN Kong-hu
(School of Materials Science and Engineering, Anhui University of Science and Technology,
Huainan 232001, China)

Abstract: Focusing on the perspective of engineering education professional certification, starting from the requirements of certification, the current situation and existing problems of the “polymer science experiment” teaching in Anhui University of Science and Technology were analyzed. Through reasonable adjustment and improvement of course content and teaching progress, coherent teaching model was proposed, and two experimental examples were used for research and elaborate, the experimental content were connected in series and interlocking, which improved the experimental effect. After three years of continuous improvement and teaching practice, it has been proved that the coherent experimental teaching model not only improves students’ interest in experimental courses and their ability to solve practical problems, but also cultivates students’ innovative ability and rigorous scientific attitude. It has important reference significance for experimental teaching under professional certification standards.

Key words: Engineering education professional certification; Coherent teaching; Polymer science experiment