

一流本科课程建设契机下高分子专业综合创新实验探索

李 伟*, 黄德馨

(吉林建筑大学 材料科学与工程学院, 长春 130118)

摘要:本文以一流本科课程建设为契机,结合“两性一度”培养要求,自主设计一个融合多学科知识点的综合创新性实验——生物可降解高分子材料复合改性研究。该实验采用以“超星学习通”为数字化工具的PBL教学法,通过问题导入的方式引导学生自主学习、探索研究完成实验设计和操作,进而培养学生实验兴趣和动手能力,唤起学生对生物降解高分子材料的关注。教学效果分析表明该实验有助于提高学生综合素质、解决复杂工程问题能力和创新能力。

关键词:高分子材料; 综合创新实验; 一流本科课程; 生物可降解聚合物

引言

2018年11月,教育部司长吴岩在“建设中国金课”的报告中指出课程建设是人才培养的关键,是实现“立德树人”培养标准的具体操作^[1]。教育部在2019年10月出台的《关于一流本科课程建设的实施意见》里强调注重课程高阶性、创新性和挑战度的提升,加快教育教学和信息技术的融合,强化实验实践课程的建设。一流本科课程建设要求课程内容要能够体现时代性和前沿性,具有一定难度;教学模式要具有先进性和互动性;学习结果具有探究性和个性化;教学目的是培养学生解决复杂问题的综合能力 and 高级思维^[2]。

在这样的建设背景下,很多高校工科专业开始探索综合创新实验教学内容和方法的改革。因为实验教学是将理论知识转化为实践技能的训练,是本科教学中的重要环节。方正军等^[3]设计的“荧光增白剂在聚丙烯中的应用”实验;程国君等^[4]设计的“天然橡胶改性研究”实验以及蒋亮等^[5]开设的“铁酸镁的制备”的综合实验都取得了较好的教学效果,符合一流课程建设的“两性一度”要求。

高分子材料与工程专业是吉林建筑大学正在建设的吉林省一流本科专业。在此契机下,高分子材料专业实验课程本着“以学生为中心,以成果为导向”的原则进行了大规模改革。在实验内容上,增设集探索研究、自主设计、过程性评价于一体的综合创新实验,旨在培养学生综合素质和创新能力。在教学模式和方法上,充分利用超星、智慧树、大规模开放的在线课程(Massive Open Online Course(MOOC))等教学平台和信息化手段进行线上线下混合式教学;采用问题式(PBL)教学法^[6]驱动学生自主学习和独立思考。吉林建筑大学高分子材料专业教师团队设计了一个贯穿高分子物理、高分子化学、高分子材料成型加工以及材料测试技术与方法等课程的综合创新性实验——生物可降解高分子材料复合改性研究。借助超星学习通平台,运用PBL教学方法,在2018级高分子专业学生(72人)中开展实验,具体实施过程介绍如下。

1 实验背景和目的

1.1 实验背景

随着人们对环境和能源可持续发展的认识,生物可降解聚合物逐渐成为研究的重点。聚乳酸(PLA)是研究最广泛的可降解聚合物之一,主要应用在生物工程和包装领域^[7~9]。由于PLA结晶速度慢、熔体

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.07.010

收稿:2021-03-03;修回:2021-07-24;

基金项目:吉林省高等教育教学改革重点研究课题(JLLG948220190719144636);

* 通讯联系人:李伟(1978-),女,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为生物降解高分子材料。E-mail: liyi@jlju.edu.cn.

强度低、常温脆性大等缺陷需要进行改性^[10,11]。该实验结合纳米材料和生物降解高分子材料优势,以纳米级无机粒子为填料制备聚乳酸/纳米粒子复合材料,并探索其性能。实验内容具有一定的前沿性和探究性。

1.2 实验目的

学习高分子复合材料的特性,高分子材料成型及改性方法;掌握高分子材料结构与性能测试和表征技术,实验数据的处理和分析,结构与性能之间关系的分析,优化工艺过程,分析解决加工问题;培养学生动手能力、创新精神、团队协作意识、综合素质;拓展知识深度和广度,激发学生对生物降解高分子材料的关注。

2 实验设计

2.1 设计思路

本实验选用 3 种不同维度的纳米粒子,即球形的纳米二氧化硅(SiO_2)、棒状的碳纳米管(CNT)和片状的蒙脱土(MMT)为填料制备 3 种 PLA 复合材料。学生被随机分为 3 个团队,每个团队 24 人,围绕不同的题目开展实验。具体实验过程如图 1 所示。将不同质量的纳米粒子与 PLA 在转矩流变仪中熔融共混,之后模压成片材。通过扫描电子显微镜(SEM)图片讨论纳米粒子在 PLA 基体中的分散状态,然后进行力学、热稳定性、结晶性和降解性能的测试,分析不同含量不同种类纳米粒子对 PLA 复合材料性能的影响。最后探讨 PLA 复合材料结构与性能之间的关系,通过参数的选择和优化,实现对复合材料宏观物理性能的调控。

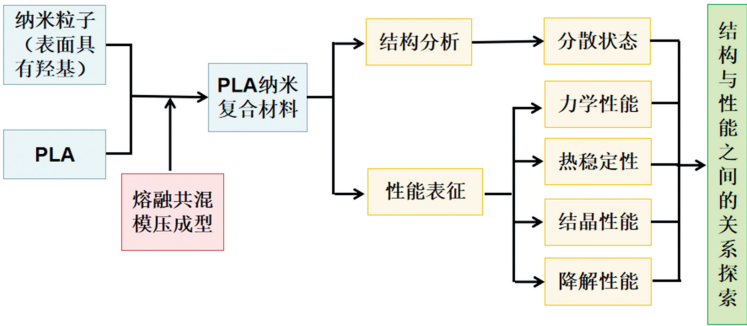


图 1 实验过程示意图

Figure 1 Schematic diagram of the experimental process

2.2 结果与讨论

(1)形态分析

用 SEM 观察样品断面形态,分析产生这种相形态的原因。图 2 是 PLA/ SiO_2 纳米复合材料 SEM 形貌图。可见, SiO_2 含量低时,其可以均匀分散在基体中。随着 SiO_2 含量的提高, SiO_2 纳米粒子形成了团聚体。这是由于 SiO_2 颗粒表面带有羟基以及其较大的比表面积,导致颗粒之间具有较强的相互作用^[12]。

(2)力学性能

使用拉力机拉伸样品并绘制应力-应变曲线,如图 3 所示。样品显示出脆性材料的特征,具有较低的断裂伸长率。随着 SiO_2 含量的增加,复合材料的模量增大,而强度和断裂伸长率都是先增大后减小。这是因为 SiO_2 含量过高时,会导致大尺寸团聚体进而引起样品性能下降^[13]。

(3)热稳定性

通过热重量分析(TGA)进行热稳定性测试。如图 4 所示,纯 PLA 的起始分解温度是 285°C ,加入纳

米 SiO₂ 后,起始分解温度提高到 304℃,说明纳米 SiO₂ 有提高 PLA 热稳定性的作用。而随着 SiO₂ 含量的增加,复合材料的起始分解温度先增高后下降。这是纳米粒子的“屏蔽效应”导致的^[14]。

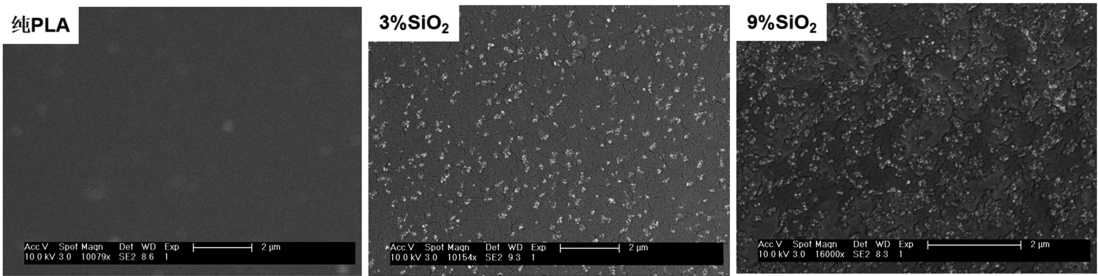


图 2 PLA/SiO₂ 纳米复合材料断面 SEM 形貌
Figure 2 SEM morphology of the section of PLA/SiO₂ nanocomposites

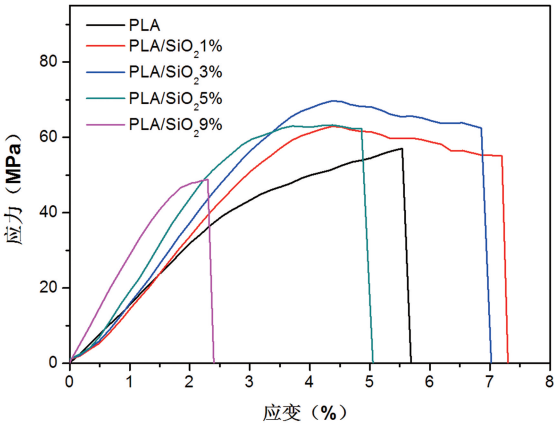


图 3 PLA/SiO₂ 纳米复合材料应力-应变曲线
Figure 3 Stress-strain curves of PLA/SiO₂ nanocomposites

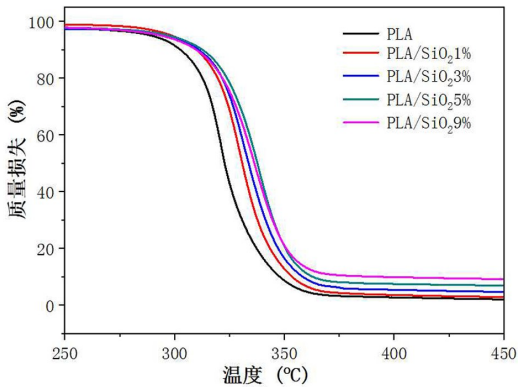


图 4 PLA/SiO₂ 纳米复合材料 TGA 曲线
Figure 4 TGA curves of PLA/SiO₂ nanocomposites

(4) 结晶性能

使用差示扫描量热仪(DSC)研究复合材料的结晶性能。图 5 为 PLA/SiO₂ 纳米复合材料在 85℃ 时的结晶放热曲线和相对结晶度对结晶时间的曲线。PLA 在 85℃ 时的结晶半周期($t_{1/2}$)为 8.0min,而 SiO₂ 含量为 1%,3%,5%,9% 时复合材料的 $t_{1/2}$ 分别为 2.4,1.6,0.9,1.2min。可见纳米 SiO₂ 由于异相晶核作用加速了 PLA 的结晶。

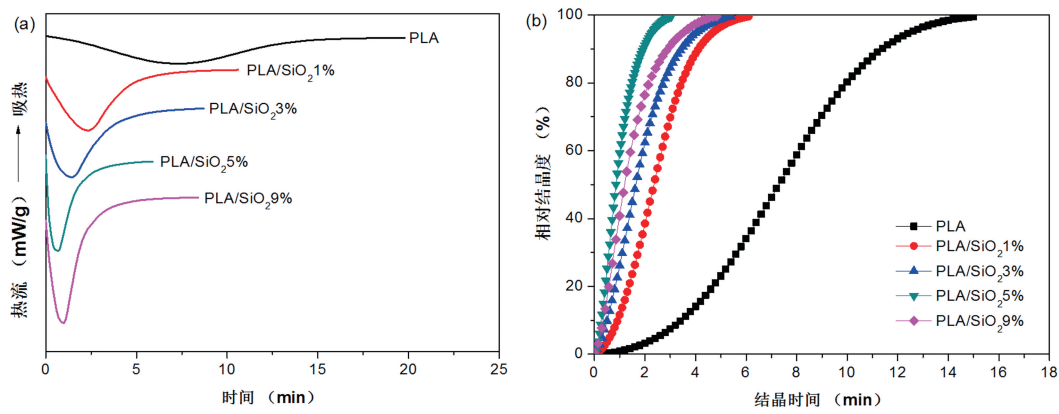


图 5 PLA/SiO₂ 纳米复合材料在 85℃ 时的(a)等温结晶曲线和(b)相对结晶度曲线

Figure 5 Isothermal crystallization curves (a) and relative crystallinity curves (b) of PLA/SiO₂ nanocomposites at 85℃

(5) 降解性能

图 6 是 PLA/SiO₂ 纳米复合材料降解曲线,曲线斜率可以表示样品的降解速率。纯 PLA 降解最慢,随着 SiO₂ 含量的增加,复合材料的降解速率逐渐增加。这是因为纳米粒子的存在增大了 PLA 分子与降解酶的接触面积。

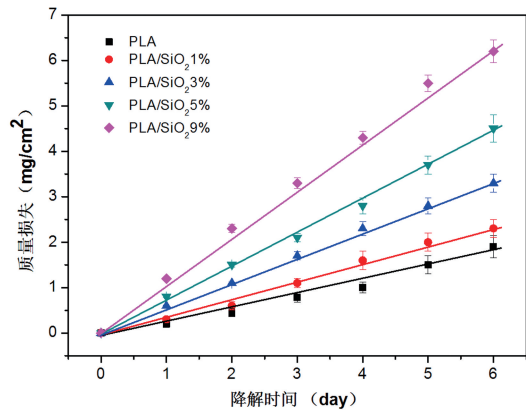


图 6 PLA/SiO₂ 纳米复合材料降解曲线

Figure 6 Degradation curves of PLA/SiO₂ nanocomposites

3 基于“超星学习通”平台的 PBL 教学方法

PBL(problem-based learning)教学法也叫问题导向教学法,它是一种以问题为先导,以学生为中心的先进教学方法。学生带着问题思考、学习、探索,进而分析问题、解决问题,最终完成自主学习能力的提升。PBL 教学法符合《关于一流本科课程建设的实施意见》中要求的“课堂活起来,学生忙起来”。因此,高分子材料专业实验课程采取基于“超星学习通”的 PBL 教学模式,完成课前预习、课上展示、课后反馈的教学过程。例如,对于“生物可降解高分子材料复合改性研究”综合创新实验,具体实施过程如下。

首先,课前教师在“超星学习通”平台上传《关于白色污染的现状与展望》、《远离白色污染,构建绿色地球》等阅读资料,也鼓励学生自己查找相关资料,总结归纳塑料给环境带来的危害以及如何解决等相关方面的知识。

之后教师发布实验任务:(1)用转矩流变仪制备聚乳酸纳米复合材料;(2)用 SEM 观察样品断面形貌;(3)用拉力机测试样品力学性能;(4)用 DSC 测试样品的热学性能和结晶性能;(5)用 TGA 测试样品

的热稳定性;(6)用生物酶测试样品的降解速率;(7)分析样品结构与性能的关系。学生结合自己的学习基础进行预习,对不熟悉的实验方法、知识点可以重点回顾。

最后,教师要发布本节实验课程的问题:(1)纳米颗粒在 PLA 基相中如何分布?为什么会这样分布?(2)纳米粒子是如何影响 PLA 复合材料的力学性能的?(3)纳米粒子为什么会提高 PLA 的热稳定性?(4)纳米粒子对 PLA 的结晶性有什么影响?(5)随着纳米粒子质量含量的增加,PLA 复合材料的综合性能如何变化?为什么?(6)PLA 纳米复合材料的结构与性能存在怎样的关系?(7)纳米粒子的形状和含量对 PLA 纳米复合材料的性能有怎样的影响?学生带着这些问题在预习中深入思考,广泛查找阅读文献,加深了对实验过程和目的理解,提高学习的积极性和主动性;在实验中探究原因,互相讨论交流,从而提出新的问题。学生能更好地理解消化和吸收实验知识和原理,而不是照搬实验说明书。

4 教学效果

(1)问题导向,提高自主学习能力

实验结束后,通过问卷调查了该实验的教学效果。结果显示,学生在实验前的预习时间平均为 120min,而传统的实验预习时间仅为 20min,说明该实验的教学模式和教学设计使学生付出更多的时间观看视频、阅读资料、复习实验技能、设计实验方案等,提高了探究学习和自主学习能力。图 7(a)给出了该实验的学习效果调查数据。90.2%的学生通过课前 PBL 问题明确了教学目标,并根据问题弥补知识短板,调整学习侧重点,提高效率。65.0%的学生认为线上预习与课堂操作衔接顺畅,对课堂教学起到帮助作用。85.7%的学生认为综合性实验效果优于传统实验,得到了更多的实践和设计实验的机会。72.3%的学生认为线上讨论有助于对实验内容进行拓展与挖掘,有助于理性判断力的培养。

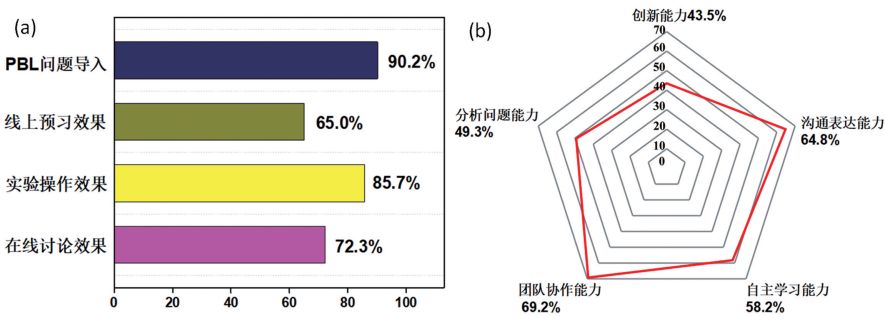


图 7 高分子专业综合创新实验(a)教学效果和(b)能力提升问卷调查统计(问卷份数:72)

Figure 7 Questionnaire statistics on (a) teaching effect and (b) ability improvement of the comprehensive and innovation experiment of polymer majors (number of questionnaires: 72)

(2)理论联系实际,提高综合能力

本实验设计使用三种不同的纳米粒子,即球形的纳米 SiO₂、纤维状的 CNT 和片层的 MMT,以不同的质量含量制备 PLA 复合材料,并测试复合材料的物理性能。学生通过数据分析和实验结果对比可以发现问题。例如,就热稳定性而言,1% SiO₂ 使 PLA 的热分解温度提高 20℃,而 1% 的 CNT 和 MMT 却使 PLA 的分解温度分别提高 6℃ 和 28℃。这说明不同形状的纳米粒子改善 PLA 热稳定性能力是不同的。为了解释这种现象,引导学生分析作为填料的纳米颗粒形状对聚合物基体热分解过程和机理的影响规律。学生进一步查阅文献,归纳总结,设计实验方案,讨论纳米颗粒形状与其导致的“屏蔽效应”之间的关系。图 7(b)的调查显示超过 60% 的学生认为该实验的教学模式和教学内容提高了学生的团队协作和沟通交流的能力。超过 40% 的学生认为实验过程不仅强化学生专业技能、实践意识,提高学生分析问题的能力,而且激发学生的创造性和探究性学习,有利于学生创新精神和能力的培养^[15]。

5 结语

该实验将多门理论知识融合并实施到实验中,正是将自然科学、专业知识、工程实践运用到高分子材料复杂工程问题中,体现了交叉融合的“新工科”理念。这种实验体系的设计可以使学生将理论知识和实践能力充分结合,真正提高了学生的综合素质和解决复杂工程问题的能力。而在实验过程中发现问题、解决问题也强化了学生的创新能力,提高了专业素养。

参考文献:

[1] 教育部高等教育司. 全面把握形势,全面振兴本科教育,全面发挥教指委作用[R/OL]. [2018-11-01] <http://wx.china.com.cn/scene/content/article/straight/7773>.

[2] 教育部. 教育部关于一流本科课程建设的实施意见 [R/OL]. [2019-10-30]http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html.

[3] 方正军,易兵,李靖,邬峰. 实验室研究与探索,2020,39(10):208~211.

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

[5] 蒋亮,薛敏,吴婷,韦家川,韩霄,陈宇红. 实验技术与管理,2019,36(2):44~48.

[6] 郑湘娟,李凤丽,迟宝珠,李志美,余淑娴. 化学教育,2017,38(14):40~44.

[7] 辛颖,王天成,金书含,姜伟,赵光辉,赵辉. 现代化工,2020,40(S1):74~78.

[8] Xing Q,Zhang X,Dong X,Liu G,Wang D. Polymer,2012,53:2306~2314.

[9] Li Y,Han C,Yu Y,Xiao L,Shao Y. J Therm Anal Calorim 2019,135:2049~2058.

[10] 吕闪闪,谭海彦,左迎峰,顾继友,张彦华. 化工进展,2014,33(11):2975~2981.

[11] 杨雯迪,刘文毅,梁孝林,施冬健,陈明清. 应用化工,2019,48(12):2919~2923.

[12] Dimitrios N B,Alexandos V,Eleni P,George P K. Eur Polym J,2005,41(9):1965~1978.

[13] 陈留群,李春林,李华北,金江彬. 中国塑料,2013,27(4):30~33.

[14] Takahashi S,Paul D R. Polymer,2006,47:7519~7534.

[15] 杨继年,聂士斌. 高分子通报,2019,3:73~77.

Exploration of Comprehensive and Innovative Experiments of
Polymer Material Specialty under the Opportunity of Constructing
First-class Undergraduate Course

LI Yi*, HUANG De-xin

(School of Materials Science and Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China)

Abstract: This article takes the construction of first-class undergraduate courses as an opportunity, combined with the training requirements of "High-level, Innovative and Challenging", and designs a comprehensive and innovative experiment that integrates multidisciplinary knowledge—research on composite modification of biodegradable polymer. The experiment adopts the PBL teaching method with "Chaoxing Learning Link" as a digital tool, and guides students to self-learn, explore and research to complete the experimental design and operation through the way of problem introduction. Then the experiment cultivates students' experimental interest and hands-on ability, and arouses students' attention to biodegradable polymer materials. The analysis of teaching effect shows that the experiment helps to improve students' comprehensive quality, ability to solve complex engineering problems and innovation ability.

Key words: Polymer materials; Comprehensive and innovation experiment; First-class undergraduate course; Biodegradable polymer