

《高分子物理实验》中开展综合性实验教学的探索与实践

赵 颖*, 刘述梅, 赖学军, 李文波

(华南理工大学 材料科学与工程学院, 广州 510641)

摘要:本文探讨在《高分子物理实验》中开展“无卤阻燃聚丙烯的性能研究”这一综合性实验项目的教学实践。在无卤阻燃材料这一应用背景下,学生通过学习不同的材料性能研究方法,深入剖析无卤阻燃改性聚丙烯体系的结构与性能的关系。为激发本科生的学习兴趣,使其在有限的时间内探索未知的科学问题时能够潜移默化地提升专业素养和创新能力,在实验教学探索和实践过程中,优化了教学组织形式——引入团队协作和竞争机制,以问题为导向开展实验教学,建立实验室和大型仪器的开放制度。

关键词:高分子物理实验; 综合性实验; 教学组织形式; 无卤阻燃聚丙烯

1 《高分子物理实验》教学改革的重要意义

《高分子物理实验》是我校材料学院影响较为广泛的一门专业必修课程,对于高分子材料与工程特色专业的建设十分重要,每年约有 140 名本科生需要修读该门课程。本课程旨在通过实验教学使学生深入理解和牢固掌握高分子物理中的难点和抽象概念,并通过将理论知识应用于实践,提高学生们的动手能力以及分析问题和解决问题的能力。

当下推动社会进步和发展的主体力量是科技工程人才,产业结构和行业分工不断变革的时代背景对他们的知识结构与综合能力提出了更高要求。在工程教育专业认证背景下推进《高分子物理实验》的教学改革,持续提高教学质量,对于增强学生的逻辑思维和思辨能力,培养具有科学精神和创新精神的工程科技人才具有十分重要的现实意义^[1]。

2 《高分子物理实验》教学中存在的问题

教学团队在现场观察和后期教学成效评估时发现《高分子物理实验》教学中存在如下三方面的问题:

(1) 实验项目设置不够合理,实验内容有待优化

在当前的《高分子物理实验》教学中,虽然调整了实验项目内容,通过增加实验项目数量,引入了计算机模拟实验和探索性实验项目使得学生有更多的机会来提高其实践能力,但是实验项目的系统性还有所欠缺。目前开展的 10 个操作型实验项目以及 1 个计算机模拟实验项目,不少实验项目为验证性实验,并且分开独立进行,知识点分散,学生难以从实验教学中加深对各部分知识的关联性和系统性的理解和把握,尽管通过实验能提高学生的观察能力和动手能力,并在一定程度上促使其独立思考,但是他们缺乏更深层次的思维训练。

对于本科生基本能力的要求,无论从社会、学校还是学生个人的角度而言,都早已不局限于基本知识与固定技能的单纯累积,关注学生逻辑思维能力和自主研究能力的提升,成为《高分子物理实验》课程体系设计时的核心要点。能否在课程体系的设计中为学生预留出充分的探究空间,是课程设计者用以判断

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.11.014

收稿:2021-10-16;修回:2021-12-01;

基金项目:2021 年华南理工大学教学研究项目(C9213099),2019 年广东省高等教育教学研究和改革项目(C9203096),2019 年华南理工大学教学研究项目(Y1190481),2019 年华南理工大学探索性实验项目(C9192032);

* 通讯联系人:赵颖(1982-),女,博士,高级实验师,实验中心副主任,主要从事高分子材料科学与工程研究,实验教学与实验室管理。E-mail:msyzhao@scut.edu.cn.

实验内容优良的重要依据。因此,教学改革必须按照实验教学培养目标的要求,把实验内容重新设计和组合,减少验证性实验的内容,增加设计性、综合性实验的内容,使学生在实验教学中逐步接受科研训练^[2]。

(2) 实验教学时数有限,实验教学安排有待细化

《高分子物理实验》教学中,实验教学硬件条件得到了较大改善,增加了精密仪器设备的台套数,但是在有限的实验教学时间内,学生只有一次机会开展教学要求的实验项目,不能系统地研究各种因素对实验结果的影响,这不利于学生在实验教学中逐步获得系统性的科研训练,无法有效提高其创新能力。因而,在实验教学过程中,教学团队应该细化教学安排,利用有限的实验教学课时,组织学生平行开展对照实验,研究不同因素对聚合物性能的影响^[3]。平行开展对照实验需要学生明确实验目的,事先详细制定实验计划,除了依靠他们的自主学习,还要增强师生之间的沟通与交流,在他们有疑问时,老师能及时引导其开展有效的调研和实验规划。

(3) 学生整体的学习主观能动性有待提高

首先,《高分子物理实验》是一门对仪器的依赖性很强的课程,随着科技的发展,仪器的集成度和自动化程度越来越高,对学生的实验操作技能要求下降,导致学生在对实验原理似懂非懂的状态下完成实验,参与性和探究性不足。

其次,在传统实验教学中,常常是教师讲解实验原理和仪器操作方法,然后学生按部就班完成实验,记录实验结果并撰写实验报告,学生处于一种被动接受的状态,难以发挥学生的自主性和积极性。

再次,从学生对高分子物理理论知识的掌握程度来看,预习阶段学生们对实验目的和实验原理的认知存在差异,因此在实验过程中展现出的学习热情和主观能动性也存在很大差异。动手能力强、理论基础扎实的学生,面对知识点多且复杂的实验,思维更为活跃,更加富有挑战精神,也能够积极地想办法解决实际问题,更有利于其培养创新能力。

3 优化教学组织形式

由于实验教学是培养具有创新意识的重要实践环节,“如何最大限度地提高学生对实验课程的积极性,如何发挥实验课程对学生的实际动手能力、思考问题和解决复杂问题的能力的培养”等问题,一直以来是实验教学改革的重点。针对《高分子物理实验》教学环节中存在的上述问题,有必要通过合理设置实验项目,优化教学组织形式——引入团队协作和竞争机制,以问题为导向开展实验教学,建立实验室和大型仪器的开放制度,从而提高达到教学目标。

3.1 合理设置实验教学项目

任何一门专业基础课提高教学质量的过程中,一味地求新求难而脱离了基本概念的根基都是行不通的。《高分子物理实验》课程也是一样,抛开最基本的聚合物性能研究方法让学生挑战理论深奥或具有难度的复杂实验操作固然可以让学生开拓眼界,但是“夹生”的理解和复杂的实验步骤往往阻碍了学生进一步“天马行空”的空间,无论综合实验也好,最前沿的科研操作也罢,到头来还是离不开“按部就班”的基础教学模式。因此,我们重新梳理高分子物理的知识要点,从《高分子物理实验》中经典的性能研究方法,譬如聚合物的分子量、玻璃化转变、热性能、力学性能、结晶形态等重要性能研究方法入手,重新设计实验内容,将其进行内容穿插组合,构架为综合性试验能。由此,我们设立了“无卤阻燃聚丙烯的性能研究”这一综合实验项目,开设该综合性实验的理由如下:

第一,聚丙烯原料来源丰富、具有密度小、价格低、屈服强度、拉伸强度、表面硬度等机械性能优异特点,并有突出的耐应力开裂性、耐腐性和良好的化学稳定性,是最常用的通用塑料之一。由于聚丙烯的极限氧指数(LOI)为 18 左右,属于易燃材料,使其在电子、电器、交通等诸多领域中的应用受到局限,因此,研制开发具有阻燃能力的聚丙烯材料具有重要的实际意义^[4]。

第二,聚丙烯属于结晶性聚合物,通过“聚合物的结晶形态观察”、“聚合物的差示扫描量热分析”可以对改性聚丙烯的结晶性能进行系统性的研究;引入阻燃剂后聚丙烯的热降解性能会发生明显改变,采用“聚合物的热失重分析”可以系统研究改性聚丙烯的热降解性能。此外,《高分子物理实验》计划开设“聚合物的燃烧性能测试”以及“聚合物的红外光谱分析”这 2 个实验项目。其中,“聚合物的燃烧性能测试”可以研究聚丙烯改性前后样品的燃烧性能;“聚合物的红外光谱分析”可以研究聚丙烯改性前后的样品经过燃烧后残余物的红外谱图,由此分析聚合物改性配方对阻燃性能的影响。由此,引入新的实验项目将拓宽该综合性实验的广度,使得学生在无卤阻燃材料这个应用背景下,通过学习材料不同的性能研究方法,深入剖析阻燃改性聚丙烯体系的结构与性能的关系。

3.2 优化教学组织形式

(1) 引入团队协作和竞争机制,开展对照实验

传统的实验教学过程中,学生往往只是单独行动,在实验学时限制下,耗时较长的实验中每个学生只有一次机会得到一组实验数据,难以掌握各影响因素对聚合物性能影响的规律,这对学生全面而系统掌握的高分子物理相关知识内涵不利。

为充分调动每一位学生的学习积极性,一方面我们提升了实验硬件条件,保障了每一位学生都能独立操作实验器材的基本要求,另一方面,针对学生专业基础不同、学习主观能动性和实践能力不同的问题,从教学组织方式方面入手,引入团队协作和竞争机制,开展对照实验。在教学过程中鼓励学生分组,自发以 3~5 人组成一个学习小组,通过小组内成员共同讨论,分析实验的影响因素,设计实验整体方案,再进行小组内的对照实验。这样小组成员可以采用不同的实验条件,独立进行实验操作,通过一次课堂实践过程,获得多组实验数据和实验结果。实验结束后,小组成员进行汇总后再进行数据分析与结果讨论,这有助于他们掌握不同因素对聚合物性能的影响,从而全面而系统地掌握实验知识要点和挖掘实验项目的内涵。此外,在团队行动过程中,既存在合作也存在竞争,这有助于小组成员更大程度地激发内在学习动力和更深入地进行思考,从而树立创新意识和培养创新精神。

(2) 基于实际问题,引导学生开展自主研究实验

“无卤阻燃聚丙烯的性能研究”实验的具体实验流程如图 1 所示。

实验中,老师提供不同配方的阻燃聚丙烯样品,学生通过盲选的方式选取需要研究的聚合物样品,即隐去提供给学生的聚合物样品的配方信息,学生须根据不同实验项目的特点,组队设计实验方案再独立操作完成组内对照实验,然后通过汇总数据进行对比和分析,鉴别聚合物样品和分析样品性能变化规律。由于聚合物的配方未知,增加了实验的难度,学生必须掌握聚合物性能的研究方法,并且通过调研了解无卤阻燃聚丙烯的结构与性能的关系,从而倒推聚合物样品真正的配方信息。

综上所述,实验项目采用的还是常规的实验仪器,并没有增加仪器操作的难度,但是在现有的硬件基础上,以更具吸引力的应用背景作为引导,将经典的实验内容经过巧妙的编排,给学生提供了更广阔的自主探究的空间。

(3) 建立实验室和大型仪器的开放制度

学习主观能动性强的学生,可能会希望针对实验过程中出现的问题采取新的策略设计实验方案并独立完成实验项目。为了给学生提供更多的自主探究的空间,在教学计划学时有限的情况下,可以根据实际情况,另外组织有需要的学生在实验室开放日里使用特定的实验器材继续开展他们的实验方案。

在规定的教学学时内,保障每一个学生都接受教学大纲内规定的教学内容,在自主学习实验内,又给自主能力强希望进一步提升科研素养和工程实践能力的学生一定的自由度。这种松紧结合的实验室开放制度具有相当的灵活性,对于培养具有创新性的人才具有潜在的应用价值^[5,6]。

4 实验教学实践与成效

坚持以“学生为中心”开展实验教学,在教学改革的过程中需要不断调整和改进教学方法,使其更加

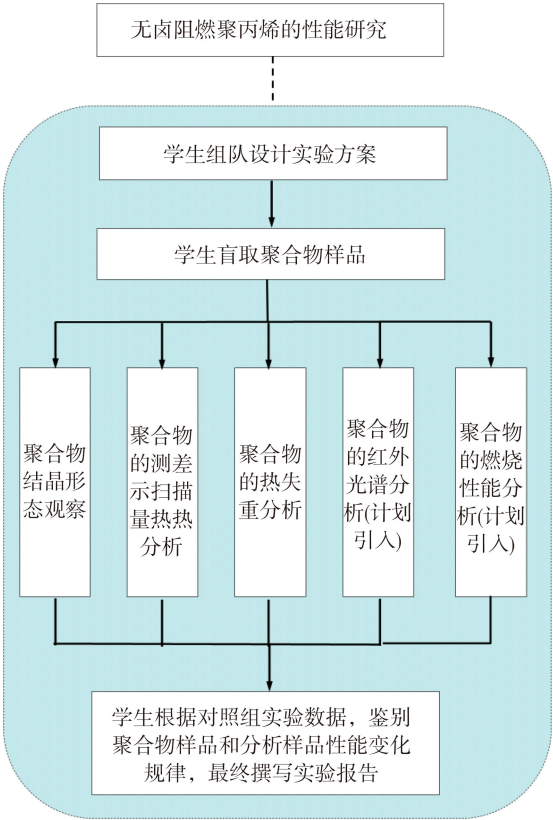


图 1 “无卤阻燃聚丙烯的性能研究”实验的教学流程图

Figure 1 Teaching process chart of the experimental “study on properties of halogen-free flame retardant polypropylene”

符合《高分子物理实验》的专业性定位。教学团队在《高分子物理实验》中开展了“无卤阻燃聚丙烯的性能研究”这一综合性实验项目的教学探索和实践。该综合性实验项目促使本科生深入学习和掌握阻燃改性聚丙烯体系的结构与性能的关系。目前,已在《高分子物理实验》中开展了涵盖本综合性实验部分内容的“聚合物的结晶形态观察”、“聚合物的热失重分析”、“聚合物的差示扫描量热分析”的实验项目,并且引入了“聚合物的红外光谱分析”这一实验项目。尽管,基于现有实验条件,还未开展燃烧实验,但是实验教学团队已准备了一系列不同配方的无卤阻燃聚丙烯性能,通过拍摄标准样条的燃烧性能并制作成教学视频,使学生能够直观的了解聚合物的阻燃性能,并且通过对无卤阻燃聚丙烯的阻燃机理的讲解,大大拓展学生的专业知识背景。基于此,学生能够针对盲取的聚合物样条设计实验方案和实施对比实验,再通过观察实验现象和进行数据分析,提升其分析问题和解决问题的能力^[7]。

5 结语

在《高分子物理实验》中开展“无卤阻燃聚丙烯的性能研究”这一综合性实验项目,使得学生在无卤阻燃材料这个应用背景下,采用燃烧实验、热失重分析和红外光谱分析研究无卤阻燃聚丙烯的燃烧性能以及采用结晶形貌观察和差示扫描量热分析研究其结晶性能,深入学习和掌握无卤阻燃改性聚丙烯体系的组成、结构与性能的关系。为进一步激发本科生的学习兴趣,提升其专业素养和创新能力,需要贯彻“以学生为中心”的教学理念,建立一套科学的知识和能力培养并重的教学体系,从合理设置实验教学项目,优化教学组织形式——引入团队协作和竞争机制,以问题为导向开展实验教学,建立实验室和大型仪器的开放制度等方面提高实验教学组织成效,最终使得学生在实践过程中增强分析问题和解决问题的能力,在探索未知的过程中潜移默化地提升科研素养和工程实践能力。

参考文献：

[1] 罗静,刘仁,施冬健,魏玮,东为富,刘晓亚. 高分子通报,2021,(5):107~114.

[2] 王继虎,甘文君,温绍国,刘宏波,陈月辉. 高分子通报,2012,(5):119~121.

[3] 李俊燕. 广州化工,2014,42(19):207~208.

[4] 赖学军. 耐水高效膨胀型阻燃剂的制备及其阻燃聚丙烯的研究. 广州:华南理工大学,2012.

[5] 刘晶如,俞强,朱梦冰. 化工高等教育,2015,32(5):62~64,99.

[6] 唐萍,王艳色,张春庆,李战胜,张守海,李健丰,曹玉明. 实验室科学,2017,20(4):104~106.

[7] 朱利平,唐安琪,吴子良,金桥,王齐. 高分子通报,2017,(12):65~69.

Exploration and Practice of Comprehensive Experimental
Teaching in *Polymer Physics Experiment*

ZHAO Ying* , LIU Shu-mei, LAI Xue-jun, LI Wen-bo

(School of Materials Science and Engineering , South China University of Technology , Guangzhou 510641, China)

Abstract: This paper discusses the teaching practice of the comprehensive experiment project named “Study on the properties of halogen-free flame retardant polypropylene” in *Polymer Physics Experiment*. Under the background of halogen-free flame retardant materials, students studied different testing methods of material properties and deeply analyzed the relationship between structure and properties of halogen-free flame retardant modified polypropylene system. The form of teaching organization is optimized in order to arouse the undergraduates’ interest in learning and impel them to explore unknown scientific problems in limited time. They can imperceptibly improve their professional quality and innovative ability. The form of teaching organization is optimized by introducing teamwork and competition, carrying out the problem-oriented experimental teaching, and establishing the open system of laboratory and precise instrument.

Key words: Polymer physics experiment; Comprehensive experiment; Form of teaching organization; Halogen-free flame retardant polypropylene