

聚物流变学课程教学探讨

欧阳婷

(湖南大学材料科学与工程学院,长沙 410082)

摘要:聚物流变学是一门具有鲜明交叉学科特点的专业基础课,对高分子物理与高分子成型加工课程的学习起到了承上启下的作用,在完善高分子材料与工程专业本科教学体系中不可或缺。根据本校本专业设置的学科特点,本文主要探讨了在教学过程中课程目标的定位,以此为根据选择与本科生程度相宜的教材和授课参考资料,并优化和调整教学内容和结构,探索多样化的课堂教学方法和手段,达到改善聚物流变学课程教学效果和提高教学质量的目的。

关键词:聚物流变学;本科教学;改进

引言

聚物流变学(高分子流变学)是一门研究聚合物材料的流动与变形的学科。作为一门新兴学科,流变学介于力学、化学、物理学等多学科之间,理论性和实践性均很强。在合成聚合物阶段,流变学与化学密切结合;材料成型阶段,主要是与聚合物加工相结合,是聚合物加工的基础。而对于聚物流变特性的理解,需要建立在高分子物理基本理论的基础之上。所以聚物流变学对高分子物理与高分子成型加工课程的学习起到了承上启下的作用,是完善高分子材料与工程专业本科教学体系不可缺少的一门专业基础课。目前国内很多工科院校相继开设聚物流变学课程的单独教学,然而由于流变学学科本身比较年轻,在中国起步较晚,因此开课时间普遍比较短,没有形成系统化的教学体系,还有需要探索和改进的地方。作为一线授课老师,通过几届的教学实践,笔者希望能分享一些体会和看法,为聚物流变学课程教学的不断完善提供一点线索。

1 聚物流变学课程的目标定位

引言中已经介绍过聚物流变学在学科体系中的定位,即作为对高分子物理理论的应用(例如分子链结构、超分子结构、织态结构的形成和变化等对流变行为有怎样的影响)和高分子加工工艺理解的基础(例如高分子制品的外观形状和质量如何受到其在成型加工过程中流变状态的影响),聚物流变学是高分子材料与工程专业完整的科学体系中一门重要的专业基础课。然而,在实际的教学中如何结合本校本专业的学科特点定位课程目标是需要解决的首要问题。

首先,通过考察多个学校的高分子专业课程设置可以看到,本专业学生的核心课程主要是高分子化学与物理的基本理论和高分子材料的组成、结构与性能知识及高分子成型加工技术知识。聚物流变学课程作为连接高分子材料组成、结构与性能知识关系、行为特征的一环,一般不作为核心课程出现,本校将之列为专业限选课。因而对这门课的要求应当是重基础,重覆盖面,在精不在深;其次,由于高分子材料专业偏化工知识的特点,对于学生的数理要求不宜过高,尽管流变学教学中存在很多模型和公式,但在教授知识点时宜强调基础概念和物理含义,注重培养学生在流变学基础概念框架下分析解决问题的能力。力求使学生完成这门课的学习之后,能达到掌握聚物流变学基础概念和基本原理,理解聚合物各

10.14028/j.cnki.1003-3726.2015.07.014

收稿:2014-09-10;修回:2015-01-21;

基金项目:湖南大学课程标准建设研究项目;

作者简介:欧阳婷(1983—),女,助理教授,主要从事高分子材料与工程专业教学与科研工作,E-mail:oyt@hnu.edu.cn.

状态下尤其是聚合物加工成型过程中流变行为特点,掌握流变性能测量原理和方法。

2 聚合物流变学课程的设计

2.1 教材

教材的选择在国内教学中是非常重要的一环。对比作者本人在国外的学习经验,发现这是由中国学生的特点所决定的:由于长久以来培养的被动式学习方式,大部分学生只学习指定教材,课外专业类书籍阅读量很少,思维往往囿于指定教材。所以学生理想的教材是能够自成体系,基本涵盖本课程设置的知识点,能够由浅入深,且与本专业其他相关课程各有侧重的相互联系。然而由于聚合物流变学学科比较年轻,适用教材的编撰尤其是针对本科生的教材编撰相对是比较滞后的。另外,因为不同编者的专业偏向和个人风格不同,教材的侧重也各有不同,老师在授课时需要根据自己的要求选择合适的内容,因而需要选择多本参考教材。目前国内出版的参考教材种类并不多,各有特点,在很多老师的文章中已有总结^[1~4],在这儿只就作者选用的几本教材简要分析。

作者选择的是史铁钧教授主编的《高分子流变学基础》^[5](2009年,化学工业出版社)为主要授课教材。该书作为非力学类工科专业本科生的入门教材,结构清晰,内容难度适中,基本知识点均有涵盖,尽可能地避免了繁琐的数学推导,有利于学生快速入门。但此教材缺乏对概念的深入分析,学生学习概念的时候容易止于表面。因而在此基础上笔者在授课中还增加了吴其晔教授主编的《高分子材料流变学》^[6](2002年,高等教育出版社)和 Gebhard Schramm 著、朱怀江译的《实用流变测量学》^[7](A Practical Approach to Rheology and Rheometry, 2009,石油工业出版社)作为参考教材。前者虽然作为研究生水平的教材,内容涉及面相对较广,难度较大,其中涉及的本构方程和分子理论部分超出了本科生的学习范围,但是其标出的指定章节可作为本科生学习用,而那部分的内容语言清晰流畅,对概念讲解透彻,且在必要的地方由浅入深的讲解现象背后的理论。例如,对于“剪切变稀”这类典型的流变行为,作者给出了“高分子构象改变说”和“类橡胶液体理论”两种最为熟知的理论解说,从而引导学生从分子结构的角度去理解并思考宏观流变现象的作用。《实用流变测量学》则是翻译自英文原著,原书是一本介绍流变学和流变测量学的入门级经典教材。该教材的特点是易懂和实用,尤其是对流变测量涉及到的方法和仪器,作者进行了细致和实用的描述,并列举了大量应用实例。即使以后学生仅仅以掌握一门测试工具为学习目的,该教材也能提供很好的指导。作为辅助参考资料,金日光、马秀清主编的《高聚物流变学》^[8](2012年,华东理工大学出版社)是本很有益的选择。全篇分为三个部分,第一至六章从理论基础入手,介绍了张量等数学基础,应力、应变及应变速率等流变状态方程式和流场基础方程,第七至十一章以流变测量入手,对高聚物在不同流动状态下进行流变行为分析,第十二至十七章介绍了流变学在聚合物加工中(挤出成型、注射成型、压延成型、密炼、纺丝等)的应用。虽然作为本科生教材有一定难度,但是该教材层层递进,内容详实,实例丰富,对知识点讲解详细,可作为教师授课的良好参考教材。

2.2 教学内容

根据前述目标定位以及参考了多本教材的基础上,本课程的教学内容结构安排如下:

第一部分 流变学基础理论

(1)绪论:介绍流变学发展简史,明确聚合物流变学对研究对象的定义和研究范围,掌握典型流变现象;

(2)基本物理量:掌握流变学的基本物理量,如应力、应变、应变速率张量等,和基本流变学函数,如剪切粘度、第一及第二法向应力差函数、拉伸粘度以及表述弹性的物理量、动态粘弹性等;

(3)聚合物流体的典型流动特点:掌握流体模型,如牛顿流体、幂律流体等,并学会用模型解释聚合物流体的典型流变行为。明确影响聚合物流体流动的因素,包括行为参数(温度、压力、剪切速率或剪切应力等)和分子结构参数(平均分子量,分子量分布,长链支化度等)。

(4)本构方程基本概念和意义。

第二部分 聚合物流体流变行为的分析

(1)聚合物流体的流动分析。聚合物流体在圆管中流动(入口区、全展流区、出口区等),在平板间的压力流动,在同轴圆筒中的流动等;

(2)流变测量学:掌握毛细管流变仪的基本构造及其测量原理,了解旋转流变仪和转矩流变仪等的测试原理和技术。

第三部分 流变学在聚合物加工中的应用

(1)流变学基础方程:介绍流体的三大基本运动方程及其初步应用;

(2)典型聚合物加工过程应用分析:介绍挤出成型、压延成型、注塑成型和纺丝成型的原理及其简化条件下的流变学分析。

三大部分的教学内容构成了对流变学从概念介绍的到分析测量到工程应用的有机整体,强调了知识点的逻辑关系,使得学生对知识点的理解能更容易和更深刻。

3 聚合物流变学课程的教学

聚合物流变学属于交叉学科,实践性强,理论比较深邃,偏化工的高分子材料专业学生往往觉得学习难度比较大,教师授课时的难度也比较大。所以为了提高教学效果和质量,在教学方法和手段上也需要不断进行调整和改进。

首先是在课程目标定位下的课堂内容选择。由于课时短,内容多,且知识点具备一定的难度,需要对内容进行优化,有侧重性地教学。美国的高等教育家博耶等人通过分析指出^[9],在社会发展日趋专业化的分裂世界里,学生毕业后将要进入和生活的这个社会正变得更为复杂,学生必须具有超越相互独立的学科,发现知识之间联系的能力,用整体的方式去思考,以多种视角去研究一些复杂的问题,以综合的技能去处理日益支离破碎的知识和专业。流变学是典型的交叉学科,因而在课上应该强调从流变学的角度如何去加深他们在其他课程上的认知,形成整体的思考能力。第一部分流变学的基础理论中第2章和第3章是重点要讲解的内容。只有打下了坚实的理论基础才能正确进行知识迁移,建立与相关知识的联系,提升整体的专业思考能力。对于大家普遍关注的作为难点出现的流变学公式讲解问题,郝文涛老师^[4]指出,这部分内容并非教学的重点,应避免大量繁琐复杂的推导过程。而赵丰老师^[1]提出应着重讲解一些重要公式的推导和演算,使学生们“知其然而亦知其所以然”。在笔者的实际课堂教学经验来看,达到方显力老师所说“教学中尽可能以简明的语言和最基本的数学概念,诠释流变学的抽象概念和基本物理量的确切物理意义”^[10]是件很不容易的事。“过简则难,过繁则烦”,即过于简化推导,直接推出公式,容易让同学一头雾水,产生畏难情绪;而繁琐的推导无法吸引同学的兴趣,只会心生厌烦的感觉。笔者一般采用简单基础的公式给推导,例如圆管流动分析中,进行牛顿流体的流动推导后,由同学上台进行幂律流体的推导,能更加深对公式的理解。而复杂的公式,如三大流动公式,推导则费时费力,效果也不佳,则宜省略推导,强调每个项式的物理含义。

另一方面,为了提高教学效果,教师在讲解知识点时,不仅要注意与其他课程的联系,而且往往还要联系实际中的例子来进行讲解,在教学方式上也应采取多元化的方针。例如,在绪论中介绍高分子流体特有的典型流变行为时,首先采用播放录像的方式,让学生直观动态地看到不同的非牛顿流体流动现象,然后以图片抽象出具体的特征加以分析解说。又如,在介绍流变学对于聚合物加工中的重要指导作用时,由于大多在进行枯燥的流动数学分析,可以增加几个数值模拟实例吸引学生的兴趣,例如用CFD模拟的饮料瓶吹塑成型过程,通过彩色渲染图展示速度分布、压力分布等,可以让学生直观地感受到流变学对于加工中模拟计算的作用。

4 总 结

即使作为工科课程的教学,可以说流变学课堂教学是很具教师个人风格的。也就是说,即使课程目标、内容等都设定一致的情况下,老师授课的个人风格对于教学效果的影响也各不相同,因为老师个人对于流变学有不同的理解和认知,授课侧重点也会有所不同,因而选用最合适自己课堂的教学方法是每个教师孜孜以求的目标。所以老师同仁间教学的思考和交流非常重要,只有不断拓展视野,博采所长才能不断提升自己的教学质量,不断促进这门课程教学研究的发展。

参考文献:

[1] 赵丰. 高分子通报, 2009, (9):69~73.

[2] 左丹英, 黄年华, 刘晓洪, 刘洪涛. 武汉纺织大学学报, 2011, (2):79~81.

[3] 彭琦. 广州化工, 2012, (21):191~192.

[4] 郝文涛, 王小明, 杨文. 高分子通报, 2012, (1):108~112.

[5] 史铁钧, 吴德峰. 高分子流变学基础. 北京: 化学工业出版社编, 2011.

[6] 吴其晔. 高分子材料流变学. 北京: 高等教育出版社, 2002.

[7] Gebhard Schramm 著, 实用流变测量学 (A Practical Approach to Rheology and Rheometry), 朱怀江译. 北京: 石油工业出版社, 2009.

[8] 金日光, 马秀清. 高聚物流变学. 上海: 华东理工大学出版社, 2012.

[9] 郭德红. 现代大学教育, 2008, (05):34~39.

[10] 方显力. 中国轻工教育, 2008, (3):57~59.

An Exploration of Teaching on Polymer Rheology

OU-YANG Ting

(College of Materials Science and Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Polymer rheology is a specialized course for students who majoring in polymer science and engineering. It has a strong interdisciplinary characteristic and it serves as a key course linking polymer physics and polymer processing. It is considered to be an important part in establishing a sound undergraduate teaching-system. The paper presents an exploration of various teaching aspects on polymer rheology curriculum with an aim in improving the teaching quality. It is started in this paper with a clear indication of teaching objective based on course characteristics set in Hunan university. Several textbooks and reference materials were suggested and the structure of teaching program and contents were optimized. Diversified teaching methods were also explored to further motivate students during course study.

Key words: Polymer rheology; Undergraduate teaching; Improvement