



木质素及其在高分子材料方面的利用课程教学方法与实践

李明飞*

(北京林业大学材料科学与技术学院 林木生物质化学北京市重点实验室, 北京 100083)

摘要:木质素是一种重要的天然高分子,其开发利用已成为材料科学的热点之一。木质素及其在高分子材料方面的利用课程内容涉及木质素的结构与性质、木质素化学品、木质素热固性材料、木质素热塑性材料、木质素新材料、木质素材料的性能评价等。针对该门课程知识点多且内容分散、知识面宽、知识点新的特点,提出了教学方法:(1)采用案例教学法,密切联系生产实践;(2)采用翻转课堂教学法,提高学生自学能力;(3)加强双语教学,培养国际化专业人才;(4)采用灵活有效的考核方式,着实提高学生综合能力。

关键词:高分子材料;木质素;案例教学;翻转课堂

引言

高分子材料在交通、采油、石化、国防、航空航天等领域中发挥着重要作用。我国已经成为合成纤维、合成橡胶和合成树脂的世界生产大国和消费大国。然而,目前高分子产品的生产原料主要是石油等不可再生资源。随着传统化石资源的不断消耗,天然高分子材料的开发利用已经成为材料科学的热点之一。木质纤维生物质是植物利用光合作用将太阳能固定于植物细胞壁中的主要物质,主要包括纤维素(约 39%~45%),半纤维素(约 20%~30%)和木质素(约 22%~31%),它是人类目前广泛利用的一种可再生资源^[1]。每年光合作用产生的木质素达 1500 亿吨,但目前还没有得到很好的利用。我国造纸工业、纤维素乙醇工业等每年产生大量木质素,对其进行有效加工利用,是林产化工、高分子材料等行业迫切需要关注的问题^[2~6]。北京林业大学材料科学与技术学院加强了相关的基础研究工作,并开设了“植物纤维化学”,“植物纤维高值化利用”,“木质素及其利用”等课程,目的在于充分利用生物质资源,实现天然高分子的高值化加工^[7]。最近 10 年,学院将木质素及其利用课程作为大三学生的重要专业课开设,课程的内容涉及制浆造纸、林产化工、高分子材料工程、化学工程等领域。该门课程与高分子材料联系密切,综合性强,涉及学科广,学生学习起来有一定难度。本文结合作者多年从事该门课程的教学实践,从课程内容与教学方法角度对木质素及其在高分子材料方面的利用内容进行讨论,以期课程教学提供参考。

1 木质素及其在高分子材料方面的利用课程内容及特点

1.1 课程特点

该门课程的教学内容主要包括木质素的结构、木质素的性质、木质素化学品、木质素热固性材料、木质素热塑性材料、木质素新材料、木质素材料的性能评价等。课程的主要特点如下:(1)知识点多且内容分散。与基础化学课程强调规律性不同,该课程侧重木质素每种产品的制备、结构、性能及利用。教学

10.14028/j.cnki.1003-3726.2017.01.009

收稿:2016-06-16;修回:2016-09-27;

基金项目:北京林业大学 2015 年教学改革研究项目(BJFU2015JG021),北京林业大学“北京市大学生科学研究与创业行动计划”(S201510022053);

* 通讯联系人:李明飞(1984—),男,副教授,博士,主要研究方向植物纤维化学。Tel: 010-62337223, E-mail: limingfei@bjfu.edu.cn.

中,涉及到的木质素产品超过40种;(2)知识面宽。课程涉及到有机化学、物理化学、仪器分析、植物纤维化学、高分子化学等基础课知识,学生理解起来有一定难度;(3)知识点新。木质素加工利用相关研究发展迅速,据CNKI数据库统计,目前每年发表的木质素文献超过1500篇;另据Scopus数据库统计,每年发表的木质素文献(以英文为主)达3200篇。因此,课程教学要体现该领域的最新发展动态。

1.2 课程内容

结合多年教学实践,课程内容设置如下。

第一章 绪论,包括:(1)木质素化学研究概况;(2)木质素材料高值化利用现状。

第二章 木质素的结构及性质,包括:(1)木质素的一般性质(元素组成、官能团、结构单元及连接、结构模型、溶解性等);(2)木质素的高分子性质(分子量及分布、超分子结构、热塑性、热稳定性);(3)木质素的波谱性质(紫外-可见光光谱、红外光谱、核磁共振谱、电子自旋共振光谱等)。(4)木质素的化学结构及性质(衍生化反应、接枝共聚反应、降解反应)。

第三章 木质素的制备及检测,包括:(1)木质素制备(天然木质素、造纸黑液提取木质素、有机溶剂法提取木质素、生物乙醇工业木质素提取);(2)木质素定量(Klason法、乙酰溴法、紫外光谱法、木质素中羟基、羧基、甲氧基测定,降解法分析)。

第四章 木质素改性制备热塑性材料,包括:(1)制备方法(挤出成型、模压成型、吹塑成型等);(2)木质素改性热塑性合成高分子材料(木质素改性聚酯、聚烯烃材料);(3)木质素改性热塑性天然高分子材料(木质素改性淀粉、蛋白质材料)。

第五章 木质素改性制备热固性材料,包括(1)木质素改性聚氨酯;(2)木质素改性酚醛树脂;(3)木质素改性环氧树脂。

第六章 木质素改性材料的应用,包括:(1)木质素填充改性橡胶、胶黏剂、工程塑料;(2)木质素改性纤维及薄膜材料;(3)木质素改性发泡材料、水凝胶、炭材料。

第七章 木质素改性材料的结构表征及综合性能,包括:(1)木质素改性材料的结晶行为;(2)木质素改性材料的显微形态;(3)木质素改性材料的综合性能评价。

1.3 参考资料

该课程知识面涉及较广,目前国内无完全对应的教材。因为课程内容既涉及到研究的新理论,又涉及到成熟的工业应用,故选用的参考书主要包括《木质素化学及改性材料》(黄进等,化学工业出版社,2014)、《工业木质素高效利用的改性理论与技术》(邱学青,科学出版社,2014)、《木质素》(第2版,蒋挺大,化学工业出版社,2009)、*Characterization of Lignocellulosic Materials*(Hu TQ, Wiley-Blackwell出版社,2008)、*Lignin and Lignans: Advances in Chemistry*(Heitner C等,CRC及Taylor & Francis出版社,2010)、*Lignin and Lignans as Renewable Raw Materials*(Calvo-Flores FG等,John Wiley & Sons出版社,2015)等专著以及《高分子通报》、《中国造纸学报》等期刊的相关研究论文。

2 木质素及其在高分子材料方面的利用教学方法与实践

2.1 采用案例教学,密切联系生产实践

案例教学法从案例出发,营造接近真实的环境,学生在阅读分析后展开讨论,可以提高处理问题的能力。学习木质素及其在高分子材料方面利用课程的目的之一就是全面掌握木质素结构和性质,在高分子材料的应用中能够根据已有知识,抓住问题关键,实现木质素的高值化利用。案例教学法中,针对课程应用性强的特点,引入该领域最新研究成果,以保证教学内容的时效性,改变传统教学中“结构-性质-应用”的讲授模式,从木质素的具体应用引出原理,采用科学发展史引出原理,将原理的讲授具体化、形象化。而对分析方法(如木质素的结构分析),则侧重各种分析方法的类比,使学生清楚各种方法的优点及缺点和适用范围,培养学生正确选择分析方法的技能。案例教学法可以将真实的科研实践活动引入课堂,通

过对特定的条件、过程进行描述,增加学生的真实感受。如课程中电子显微镜观测木质素材料特性,其目的是通过观察木质素材料的微细结构,探讨材料的结构特征与使用性能之间的关系。虽然采用显微镜进行观察是课程学习的重要内容,但学校的实验条件和学生的学习时间不能保证每个学生都亲自操作显微镜。在教学中,以电子显微镜观察丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)/木质素复合材料为例^[8],通过观察,木质素作为刚性粒子与 ABS 混合形成的材料不存在颗粒,表明 ABS 与木质素相容性好,样品混合较均匀;而木质素含量较高时,断面较为粗糙,复合材料断面为脆性断裂。通过让学生分析木质素添加量的增加引起材料断面的形态变化,进而探讨其中的机理,并提出改进材料性质的措施。又如,以木质素制备酚醛胶黏剂为例,学生对木质素几种化学改性方法(如羟甲基化、酚化、脱甲基化、水热、还原等)进行了比较,并进行了讨论。因为每个学生的思路不同,所持的观点也不尽相同,在讨论中可以大大加深印象。教师引导学生思考,组织讨论,进行总结归纳,开启了学生的思维,提高了学生运用知识的能力。

2.2 采用翻转课堂教学模式,提高学生自学能力

传统教学是教师在课堂上教授知识,学生紧跟教学进度学习,学生课后通过复习、完成作业等方式内化知识。翻转课堂教学与之相反,教师在课前将录制好的教学视频发给学生,学生在上课前观看学习。学生可以自主安排学习时间,主动探究问题,在课堂上通过向教师请教,与同学交流的方式解疑释惑。翻转课堂教学过程中,学生自主安排时间学习视频,观看过程中不理解的地方可以随时回放,还可以根据需要选择部分内容回放用于复习。因为课下学习视频时不懂之处需要想办法解决,所以可以培养学生独立分析和解决问题的意识,从而提高学生的自主学习能力。翻转课堂改变了传统授课中教师控制课堂的学习进度,所有学生齐步走的模式,学生可以根据自己的学习进度灵活开展学习,对知识达到了较好的理解和吸收,而在课内,则重点解决学习中的疑点难点,极大地提高了学习效率。在木质素的定量测定教学中,将备料、预抽提、乙酰溴水解、紫外光谱测定、硫代酸解、三甲基硅醚衍生化、气相色谱-质谱法测定过程录制视频,并配有相应的文字解说。视频中的实验设备、过程、操作方法直观形象地展示给学生,实验的原理及注意事项也清晰地展现在学生面前。学生课前观看了上述视频,在课堂上对视频中的操作进行了讨论。教师以提问的方式将该实验过程的关键点进行了总结。课堂上的师生互动加深了学生对木质素结构测定方法的认识。学生对比视频中的标准操作,发现平时实验中的错误,大大激发了学生的学习积极性。对教学效果调查发现,学生对该节课程达到了较好的消理解,超过 92% 的学生认为学习自主性和积极性得到了很大提高。

2.3 加强双语教学,培养国际化专业人才

国际贸易和学术交流变得日益频繁,培养国际化专业人才已成为高等教育人才培养中的一个重要目标。开展双语教学是提高学生了解国外科技和行业发展水平,开展国际交流与合作的一条重要举措。教学中,设定了专业英语方面的学习目标,要求学生掌握 1000 个左右木质素利用方面的常用专业词汇,熟悉相关英文文献来源;能力方面,要求学生通过双语学习,提高英语阅读能力,能够书写符合英文习惯的研究论文,并能用英文 PPT 进行研究工作汇报。教学中开展了以下专题:(1)国内外专业期刊汇总及期刊特点分析;(2)Web of Knowledge, Engineering Village, Science Direct, Springer Link 等数据库检索;(3)英语科技论文阅读与写作;(4)英文论文投稿。此外,结合课程的实际应用开展英语教学,如结合英文仪器操作手册学习仪器使用,结合数据处理学习英文界面软件 Origin 等,介绍文献管理及分析软件 Endnote、Histcite 等学习文献管理。教学中重点强调学生对科技文体中复杂长句的理解与写作,提高学生的阅读理解及论文写作技能。在复杂长句的阅读理解中,笔者总结的理解方法是:通读整句,找出主句,分清句子结构,把握句子意思并写出各部分的汉语意思,之后按照汉语表达翻译出符合汉语思维习惯的句子。而关于英文写作教学方面,总结同一汉语意思的不同英文表达句型,通过替换词语(通常是表示具体事物的名词和表示操作等的动词)达到熟练的目的。如表示“由——组成”的例句:(1) Lignin is composed of three major phenolic components, namely ——; (2) Wood lignin consists of various hydroxyl-and methoxyl-substituted phenyl propane units; (3) For example, softwood lignin is comprised

of approximately 90% guaiacyl units。又如句型“the capacity of [NP] to Veb+object”的例句有 the capacity of lignin to absorb radiation,the capacity of enzyme to convert substrates into lignin 等;表示“表明”的句型有 This suggests/indicates/shows that ——等。学生语言交流教学方面,则通过组织学生参加英文学术报告,提高学生专业英语的听力及口语表达能力。

2.4 采用灵活有效的考核方式,着实提高学生综合能力

考核对学习具有导向作用,课程的考核结合学习实际,主要由平时成绩和期末课程论文两部分组成。其中,平时成绩占 30%,主要由课堂出勤、课堂回答问题、课堂参与讨论、课下完成翻转课堂布置的学习任务,以及 PPT 演讲汇报成绩组成。PPT 汇报采用 5 人一组,组员分工合作,针对一个课题(如木质素基纳米材料、木质素/PVC 复合材料等),查阅中外文文献,对文献归纳整理,从研究背景、研究内容、发展展望等方面组织内容制成 PPT,并进行 5min 的演讲答辩。答辩时教师对小组成员提问,依据评分标准给出答辩成绩。通过演讲答辩考核,重点考查了学生文献检索、资料阅读、信息整理、口头表述等多方面的能力。期末课程论文占总成绩的 70%,考核中给定一个课题,要求学生完成一篇 4000 字左右的研究进展类综述。论文从格式和内容两方面进行考查,要求依照科技论文的格式,论文包括标题、摘要(200 字左右)、关键词(3~8 个)、前言、正文、结论、参考文献以及英文标题、英文摘要、英文关键词,特别强调英文翻译要符合语言习惯,参考文献的引用和著录格式要规范,内容方面要求查阅最近 5 年的文献(其中英文文献 1/4 以上)。文章中除了有文献引用,还要有作者自己的理解和体会。对毕业学生的调查结果显示,木质素及其在高分子材料方面的利用课程中学习到的专业知识、文献检索分析及论文写作等技能在后来的研究生学习和工作中大有裨益。

3 总结

木质素及其在高分子材料方面的利用是一门综合性强,理论与实践密切结合的专业课程。该门课程的教学是一项涉及面广、综合性强的系统工作。教学中要不断探索新的教学方式,提高学生课堂学习积极性,努力培养学生的自学和创新能力,提高文献检索、信息分析和论文写作技能。今后的教学要不断总结经验,全面提升学生的各项能力,从而实现培养高素质创新人才的教学目标。

参考文献:

[1] Sjöström E. Wood chemistry: fundamentals and applications. Elsevier, 2013.

[2] 赵丽斌,冯利邦,易增博,朱大鹏. 高分子材料科学与工程, 2015, 31(3): 138~141.

[3] 张倩,禹筱元,麦嘉雯,邱洁龙,张淑婷. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(4): 152~154.

[4] 张伟,马玉峰,王春鹏,储富祥. 高分子通报, 2012(10): 13~20.

[5] 严瑞芳,胡汉杰,梁锋,宋肇堂. 高分子通报, 1994(3): 143~151.

[6] 余钢. 高分子材料科学与工程, 1992(2): 120~126.

[7] 李明飞. 高分子通报, 2015(3): 75~79.

[8] 倪庆婷,刘惠,叶青,张柳,龚方红. 中国塑料, 2014, 28(4): 34~38.

Teaching Method and Practice of the Course of Lignin and its Utilization in Polymer Materials

LI Ming-fei *

*(College of Material Science and Technology, Beijing Key Laboratory of Lignocellulosic Chemistry,
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)*

Abstract: Lignin is an important natural polymer and its utilization has been considered to be an hot topic in the materials field. The course of lignin and its utilization in polymer materials includes the structure and properties of lignin, lignin-based chemicals, lignin-based thermoset material, lignin-based thermoplastic material, new material of lignin, and the performance evaluation of lignin material. The course has the following characteristics: (1) knowledge points are abundant and the contents are scattered, (2) the knowledge shows a broad area, and (3) there are lots of new knowledge. Based on the above points, the teaching methods for the course were proposed as follow: (1) case teaching approach was applied and the teaching was closely related to the practice; (2) flipped classroom teaching was applied to enhance the self-learning ability of students; (3) bilingual teaching was strengthened to improve the international professional skills; and (4) flexible and effective exam was conducted to improve the comprehensive ability of students.

Key words: Natural polymer; Lignin; Case teaching; Flipped class