

高分子材料专业《计算机在材料研究中的应用》课程教学改革与实践

马 驰^{1*}, 于 智¹, 王 涛¹, 戴采云¹, 韩文驰¹, 郭 卓¹, 安然然²

(1. 沈阳化工大学材料科学与工程学院, 沈阳 110142;

2. 沈阳化工大学计算机科学与技术学院, 沈阳 110142)

摘要:为了适应行业发展的新趋势,众多高分子材料专业开设了《计算机在材料研究中的应用》这门特色专业课,其对提升学生利用计算机解决高分子材料中实际问题的能力起着重要的支撑作用。本文结合高分子材料的专业特点和多年来的教学改革实践,从课程体系的建设、教学内容的优化、多种教学手段的应用以及教学效果的评价等几个方面介绍了该课程的教学改革和课程建设的经验和体会,并对疫情期间多种线上教学手段在本课程中的应用效果进行了介绍,以期对相关院校的课程改革提供有益的借鉴。

关键词:高分子材料专业; 计算机在材料科学中的应用; 教学改革; 课程建设

引言

目前高分子材料在国民生产和生活的各个领域都有十分广泛的应用,为了适应行业的发展,我国很多省份的众多高校均开设有高分子材料专业,在有些高校已经发展成为优质重点培育学科^[1]。但是如何根据当前行业的发展趋势,培养和教育好高分子专业人才成为各高校面临的新挑战。除了在高分子合成及制备工艺方面的技术革新外,近年来随着计算机技术的飞速发展,智能控制^[2]、虚拟仿真^[3]、大数据^[4]以及人工智能^[5]等新兴技术被越来越多的应用到高分子材料的科研及教学^[6]中,极大的促进了该领域的发展。为了适应新技术的发展,很多学校都适应时代发展开设了《计算机在材料研究中的应用》这门课程,笔者所在学校从 2005 年便面向高分子材料专业开设了《计算机在材料研究中的应用》课程,并在 2009 年将其确定为必修课,但是由于以往开设该课程的学校主要针对的是金属类材料学生,而高分子材料与金属材料、无机非金属材料的性质和加工方法存在很大不同,因此其使用的计算机软件存在很大差异,如何探索和完善适合高分子材料专业的《计算机在材料科学中的应用》的教学内容和教学方法,提升学生利用计算机来解决高分子材料实际问题的能力,已成为该课程在教学中急需解决的问题。本文主要针对目前高分子材料专业《计算机在材料科学中的应用》课程教学存在的问题进行了详细分析,并根据多年来在该课程上的教学经验,总结了针对相关问题所进行的改革和经验。

1 课程体系及教学内容的优化设计

1.1 课程体系的优化

为了使學生能够充分掌握利用计算机解决高分子材料学中实际问题的能力,仅靠《计算机在材料科学中的应用》一门课的讲授是远远不够的,而且该课程中的很多软件的核心原理和处理问题的理念都需要其它相关课程的前期知识作为基础,因此对学生该方面能力的培养需要构建一个合理的知识体系,这既涉及到相关课程的讲授内容,又涉及到课程开设的先后次序。如在课程中会涉及到利用 Moldflow 对

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.07.013

收稿:2020-03-30;修回:2021-01-23;

基金项目:辽宁省“兴辽英才计划”青年拔尖人才资助项目(XLYC1807007),教育部产学研合作协同育人项目(201801205013),沈阳化工大学 2020 年教育教学培育工程项目;

作者简介:马驰(1979-),男,满族,副教授,博士,主要从事阻尼材料及功能高分子的教学和研究工作;

* 通讯联系人, E-mail:lg_365@163.com.

注塑过程进行模拟仿真,如果学生没有前期关于注塑工艺和相关原料性质的知识储备,则很难理解软件的用途和使用方法。因此在制定专业教学计划时,需充分考虑课程的相互支撑和先后顺序。在第 1 学期和第 2 期分别安排《大学计算机基础》和《C 语言程序设计》两门课程,建立起学生对于计算机基本工作原理和程序语言设计方法的基本认识,并且在《工程制图》课程中适当减少手工绘图技能的培养,而加入计算机二维及三维 CAD 绘图软件的使用,为后续的有限元仿真打好建模基础。其次在课程安排上,尽量将《高分子材料》、《聚合物加工原理》等基础课安排在第 4 和第 5 学期,而将《计算机在材料科学中的应用》课安排在第 6 期,保证学生在学习该课程之前已经掌握了足够的专业基础知识,并且将其设定为专业必修课,充分体现其在学生整体知识体系中的重要作用。此外,在第 7 学期安排《高分子材料加工仿真和运营实训》作为课程所学内容的后续实践和扩展部分,使计算机能力培养贯穿整个大学学习阶段,构建起学生合理的计算机应用能力知识体系。

1.2 教学内容的优化设计

作为高分子材料专业的计算机技能方面的重要支撑课程,《计算机在材料科学中的应用》其教学目标是理论通过和实践教学使学生能够灵活利用计算机解决材料科学中的实际问题,这就要求具备以下几方面能力:(1)根据实际问题合理选择相关软件的能力;(2)能够熟练的选择合适软件对相关问题进行求解和仿真的能力;(3)能够利用相关软件进行深入的数据处理和分析的能力;(4)能够理解高分子材料学中的自动控制原理并利用软件进行优化设计的能力;(5)能够利用计算机网络高效的查找相关参考资料的能力。因此根据该培养目标,《计算机在材料科学中的应用》的教学内容被分为计算机仿真模块、计算机数据处理模块、计算机辅助智能制造模块和计算机网络应用模块(如图 1 所示)。课程总体学时为 40 学时,并且改变以往“重理论轻实践”的教学模式,在学时设置上使理论学时数与上机实践学时数的比例改为 40 : 60,大幅增加上机实践环节的学时数。与金属材料 and 无机非金属材料专业不同,高分子材料专业在该课程教学内容安排上充分考虑到专业的特殊性,根据实际应用情况调整相应的教学内容,每部分内容具体如下:

(1)在计算机仿真模块中不但介绍计算仿真的基本原理和仿真软件使用方法,还针对橡胶弹性体等这类具有大形变的高分子材料,在 ANSYS 软件教学中增加了超弹性体单元类型的使用,如针对丁苯胶弹性垫片的动态力学性质模拟和橡胶密封圈的热传导分析,增强学生对本专业问题的解决能力。而且不同于以往软件类课程的教学模式,该部分内容前五堂课全部采用上机实例教学模式加以讲授,通过橡胶弹性垫片的受力分析、苯板隔热性能分析等大量实例的实践练习,使学生在在使用过程中逐步理解菜单中选项的功能,之后再通过两节课的理论教学介绍计算机在网格划分以及求解过程中的基本运算原理,使学生在熟悉相关软件的使用方法的同时,对其运算原理有更深刻的理解,使其“知其然并知其所以然”。此外以聚丙烯与聚苯乙烯相容性的仿真分析为例,介绍 Materials Studio 软件的功能和基本操作方法,并介绍各种仿真分析软件间的区别、优缺点以及选用原则,这些都有助于学生之后在工作中能够根据自己的实际工况灵活运用或编写适合现场情况的仿真软件。

(2)在计算机数据处理模块中主要介绍利用计算机进行数据处理和分析的能力,重点介绍本行业广泛采用的 Origin 软件的使用方法,课堂教学主要通过几个 DSC、NMR、IR 数据处理实例的课堂讲解和上机实践来完成,不再对每个菜单和选项的作用做一一讲解,而是在实例过程中如果涉及到了再进行适当的扩展讲解,特别是数据的处理标准化、曲线的积分微分、曲线的分峰处理、线性及非线性拟合等高分子材料数据分析中常用数据方法进行详细讲解,以期学生在实际应用中更好的理解相关选项的作用。此外还增加了利用 Photoshop 的“阈值”处理功能对 SEM 图片中颗粒粒径的测量方法及图片格式修改的相关讲解,并对分子式绘制软件 Chemoffice 和 XRD 数据处理软件 Jade 的使用方法进行简要介绍。对于不常用软件重点介绍各模块的功能,而不追求过度细化,关键在于培养学生能够在面临类似问题时知道如何选择适合软件的能力。

(3)在计算机辅助智能制造模块中主要讲解 UG、Moldflow 等软件在塑料制品流体仿真中的应用,进

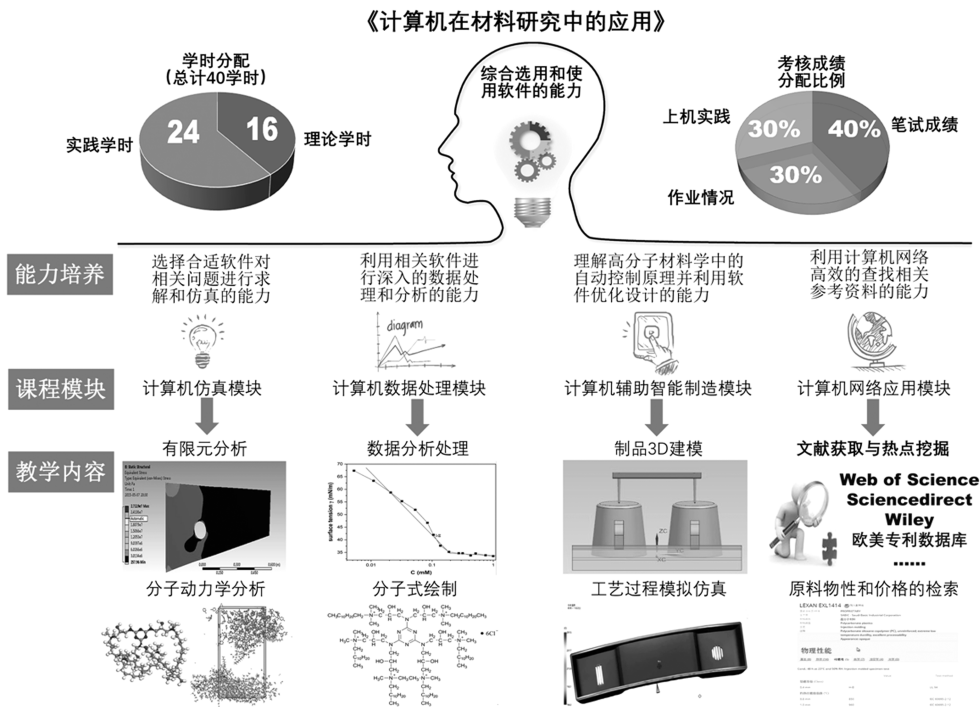


图 1 《计算机在材料研究中的应用》课程整体架构图

Figure 1 The framework of "Computer Applications in Material Science"

而理解目前塑料制品行业及其模具行业的基本设计理念。不但简单介绍 UG、Moldflow 软件的基本原理及用途,还通过手机外壳、汽车保险杠以及饮料瓶的实例设计,使学生掌握 3D 建模、仿真设计的基本方法,其中包括浇筑口的确定、热流道的排布和翘曲分析等实际生产问题的解决方法。此外,还通过人工神经网络和材料基因组在材料设计和性能预测等方面的实例,介绍人工智能在材料学中的应用。

(4)在计算机网络应用模块中主要介绍如何利用计算机网络获取材料学研究的基本信息。在内容设计中不但介绍期刊、书籍、专利以及标准等文献的获取途径,还针对一些实际检索中遇到的问题,如化学名称与商品名或俗称不一致的检索方法,以及关键词的凝练等进行详细讲解,并且增加塑料、橡胶及助剂等高分子常用原料基本物性和实时市场价格的检索方法,使学生能够更适应将来企业对于该方面的能力需求。此外,还增加了部分材料学检索网站的数据存储逻辑及建立材料学数据库的基本方法讲解,以期更符合学生将来从事材料或化学信息学工作的职业需求。

2 多维度教学模式的应用

2.1 课堂教学中多种网络教学手段的相互结合

为了更好地让学生理解和掌握课程中相关的基本原理和操作方法,在教学中采用多种教学手段来辅助教学,并且借助网络和自媒体平台拓展课程的时间空间维度,以便学生对知识点能够进行更好的掌握。计算机最强大的功能在于数学计算,只有这种强大的计算能力与高分子材料领域的基本理论和数学模型相结合,才能发挥出计算机在材料学研究中的巨大辅助作用,因此计算机在材料学中的应用课程内容中有一部分是对基本理论和模型的介绍,只有数学模型的概念深入学生心中,学生才能更好地理解通过计算机解决高分子材料实际使用中问题的逻辑。由于本课程涉及材料制备、加工、控制及使用的各个环节,存在大量复杂难以理解的公式和模型,在理论教学中,将涉及的各个领域理论进行详细推导显然无法实现,因此尽量选取比较简单、易于理解且有对应计算机模拟软件支撑的数学模型进行课堂理论推导,如聚合物的流变模型推导等,再结合有限元分析的基本理论进行深入分析,通过课堂的理论教学,在计算机仿

真的理论层面上让学生理解计算机模拟的基本逻辑和内部蕴含的聚合物基本原理。

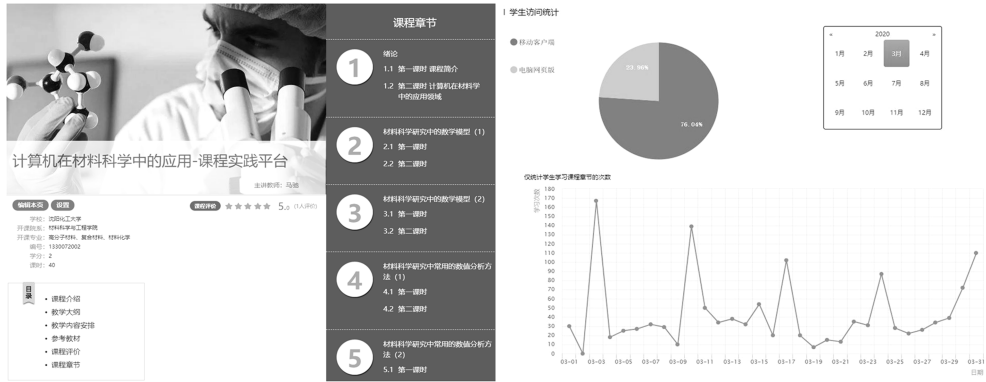


图 2 课程教学网站的首页及学习效果统计示例

Figure 2 The homepage of the course website and an examples of learning effect statistics

由于该课程所要讲解的软件种类多,有些软件分析机理不易理解,为了学生能够更好地理解所讲授的内容,课程充分利用互联网优势,实现多维度的教学互动,搭建了以“学习通”为主的网络教学平台,将每一章的知识点及相关的教学操作方法的视频资料上传到网络,让学生们可以随时预习和复习课程,但是不仅仅停留在简单的观看视频层面,课程预留出 2 学时的时间,在 ANSYS 的平面力学分析及 Origin 的热重数据处理两个部分采用先课前网络视频学习,再课上 PBL(Problem-Based Learning)模式教学的方式充分调动学生学习的自主性和积极性,并且在网络教学平台上进行作业的布置和批改,此外在每次课后的晚上八点均安排一个小时的“腾讯会议”互动答疑,实现多平台、跨时间,从教学到作业以及答疑的全方位充分融合。

2020 年新型冠状病毒疫情期间,由于前期的准备充分,课程教学平台得以充分利用。课前要求学生先通过课程网站进行预习,并通过任务点完成情况实时掌握学生预习情况(见图 2)。根据预习情况来看学生对于视频学习资料的关注程度明显高于文字资料,并且学生对于该课程的自学时间大都安排在下午。此外,还发现有 76% 的学生通过移动客户端进行课程的学习,由于电脑端和移动端在屏幕尺寸和操作软件方面的区别,因此在学习资料的制作上更注重系统兼容性和视频尺寸的调整,以期获得更好的效果。为了解决现场教学的缺失,并保证网络兼容性与连接速度,将“腾讯会议”之前的答疑功能改为直播授课功能,由于学生之前就已通过该平台进行过相关操作,所以能够很快的进入学习状态,并结合 PBL 和小规模在线课程(SPOC)模式使教学效果得以充分保障。由于上课前就在课程网站上通过设置问卷调查的形式,了解了学生对各部分知识点的关注程度,所以直播授课时可以更有针对性的进行教学。此外,在本次疫情期间还深度挖掘了课程网络平台的作业和测试功能,在实践中发现,网络版作业和测试虽然没有纸质版那么直观,但是对于包含上机操作内的作业考核更加方便,并且通过在线的分析统计功能可以更加全面的了解班级、个人以及每一道题的完成情况,对于实时掌握学生学习状态,进行有针对性的辅导提供了很好的参考。

2.2 实践教学中的多种教学手段的相互结合

与其它实践课程上完理论课进行集中实践课不同,本课程的上机实践课安排在相应理论课章节讲完后立即展开。在上机实践中详细讲解与课堂理论推导相同问题的上机仿真模拟,不再枯燥的讲解各个菜单的作用及内容,而是以例题为导向通过对一个个例题的讲解,让学生逐步接触和熟悉每个操作菜单的作用,并且通过对课堂内容相同的实例讲解,使学生更好的理解软件操作背后的高分子原理以及如何将理论原理与计算机软件相结合的过程。如我们在上机实践中分别选取了手机外壳、电缆保护套以及塑料瓶的 Moldflow 计算机注塑过程仿真模拟,过程中通过例题对网格划分,流道设计和冷却系统设计进行了详细讲解,并且结合理论课的内容深入分析了软件的计算原理,提升学生将来根据不同应用场合进行适

当模型修正的可能性,使学生在掌握软件应用的同时提升学生利用现有软件进行再开发的能力。

在上机实践完成后,教师布置课后练习内容,并保证每个同学的参数差异化,以避免学生相互抄袭,并要求学生将作品上传至课程教学网站,要求教师在三天内对学生的课后练习进行批改,然后根据学生掌握程度的不同,采用 SPOC 模式,对学生进行小规模分组,有针对性的辅导教学。此外,在课程网站上针对每一节实践练习课开辟专门的答疑板块,以便教师和学生进行课后互动,做好课堂、上机及网络的多维度协调互补教学,用更生动、全方位的教学模式提升学生的学习兴趣,使学生对知识掌握得更扎实。

3 教学效果监控

由于《计算机在材料科学中的应用》本身就一个实践性很强的课程,因此如果同其它课程一样,采用以笔试为主的考核模式显然不利于反映学生的真实能力。基于这种考虑,本课程大幅的提升了实践操作环节以及作业在期末总成绩中的比例。学生的期末总成绩中:笔试分数仅占 40%,侧重考查学生对计算机应用在材料学中的基本理论的考察;上机实践分数占 30%,主要根据每个同学上机实践过程中的表现加以评判,并且将分数细化到基本操作的得分,课堂出勤和互动问答的得分,外延操作的得分以及报错信息修正能力的得分,来全面衡量学生的实际操作能力;作业分数占 30%,为每位同学布置不同参数的作业,以防相互抄袭,并根据完成情况和各考察点的掌握情况给出综合作业成绩。作业和上机实践分数在考试前公布,总成绩为三者成绩的总和,来全面考核学生利用计算机解决实际问题的能力。而教师教学效果的监督,除了传统的督导员课堂听课和学生的网上评教外,还通过网络平台的教学资源量和学生作业及参与度的数据统计作为教师教学效果的评价标准之一,更合理地评价教师的教学质量和水平。经过近 5 年的不断探索和改革,本门课程的学生喜爱度由 2015 年的 68.5%,提升到 2019 年的 93.1%,毕业生的企业回访调查计算机能力的满意度也由原来的 51.6%,提升至 90.3%,教学效果提升十分显著。

4 结语

随着计算机技术和材料科学的不断发展,二者的相互融合一定会越来越深入,材料结构的仿真优化、材料性能的人工智能预测以及材料基因组的开发都将为新材料的研发带来变革性的新技术^[7],我国高分子材料专业人才的培养也必须跟上这些新型技术的发展,只有利用各种教学手段提高《计算机在材料科学中的应用》课程的实用性、直观性和趣味性才能获得更好的教学效果。在该门课的教学上,不但要兼顾理论与实践的相互支撑与协调,还要针对专业实际开展有针对性的教学,这就需要我们教学工作者不断根据实际应用情况及时调整教学内容和方法,以满足社会对学生该部分能力的需求。

参考文献:

- [1] 方润,马良,薛涵与. 高分子通报,2018,3: 78~82.
- [2] 冯小军. 快速模具模塑成形的数值分析及过程智能控制系统的研究. 上海: 同济大学博士学位论文,2006.
- [3] 马玉欣,钟庭生,圣小珍,李姜,邓铁松. 高分子材料科学与工程,2019,35(10): 96~101.
- [4] 吉旭,钟淦基,于洋,李忠明. 计算机集成制造系统,2015,21(11): 3072~3078.
- [5] 孙立望,李洪,汪鹏君,高和蓓,罗孟波. 物理学报,2019,68(20): 60~66.
- [6] 黄美荣,李新贵. 高分子通报,2004,2: 96~102.
- [7] 丛仕龙,王金山,许丽艳,王晓蓉,段林海,胡跃鑫,周世嘉. 高分子通报,2018,12: 70~73.

Teaching Reform and Exploration of “*Computer Applications in Material Science*” for Polymer Materials Specialty

MA Chi^{1*}, YU Zhi¹, WANG Tao¹, DAI Cai-yun¹, HAN Wen-chi¹, GUO Zhuo¹, AN Ran-ran²

(1. *School of Material Science and Engineering, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China*; 2. *School of Computer Science and Engineering, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China*)

Abstract: To follow the new trend of the polymer industry, “*Computer Applications in Material Science*”, a featured professional course, was offered for the students of polymer materials specialty in a lot of universities, which plays an important supporting role in improving students’ ability to solve practical problems in polymer materials by using computer. This article introduced the experience and inspiration of the teaching reform and the course construction from the perspectives of construction of the course system, optimization of teaching content, application of multiple teaching methods, and evaluation of teaching effects, based on the characteristics of polymer materials specialty and the practice of teaching reform over the years. In addition, it also introduced the application effects of various online teaching methods in this course during the epidemic. We hope it can provide a useful reference for the course reform of relevant colleges and universities.

Key words: Polymer material specialty; Computer applications in material science; Teaching reform; Course construction