

新工科背景下《材料现代研究方法与测试技术》 课程体系建设实践与探索

罗文斌*, 晁自胜, 范金成

(长沙理工大学 材料科学与工程学院, 长沙 410114)

摘要:《材料现代研究方法与测试技术》是材料专业一门理论性和实践性较强的必修核心课程。围绕新工科内涵和人才培养需求,在充分了解该课程建设和教学中存在不足的基础上,从教学内容优化、教学方法多元化(虚拟仿真技术应用、线上线下融合式教学、互动教学等)、德育培养、考核机制优化等多方面,对课程体系建设进行实践与探索。充分激发学生的学习兴趣,夯实学生的专业基础知识,培养出具有更强实践能力、创新能力、国际竞争力的高素质材料专业人才。

关键词:新工科; 材料现代研究方法与测试技术; 虚拟仿真技术; 课程建设; 教学改革

新材料、新能源、生物、信息等技术交叉融合正在引发新一轮科技革命,加快发展新兴工程科技是中国主动应对这一变革,实现中华民族伟大复兴、推动世界共同发展的重要保障。对于高校而言,新工科建设的主要目标为主动布局、设置和建设服务国家战略、满足产业需求、面向未来发展的工程学科与专业,培养造就一批具有创新创业能力、跨界整合能力、高素质的各类交叉复合型卓越工程科技人才。课程体系及其课程则是人才培养的主要载体,是专业培养方案的核心内容,关系到人才培养目标的实现和专业培养标准的落实。《材料现代研究方法与测试技术》是材料专业的核心必修课程,该课程需要向材料专业学生系统介绍X射线衍射分析、显微分析、热分析等测试方法和技术的概念、基本原理、仪器构造,以及这些分析技术在高分子材料、无机非金属材料 and 金属材料等研究领域的应用。在新工科背景下,该课程除了为材料专业的学生提供在本专业领域发展最为核心的专业理论、方法和技术,为其长远发展提供坚实的学科和科学基础,还需要教师投入大量的时间和精力进行课程开发,包括引入新的教学方法和技术,在与课程内容相关学科领域方面有一定的研究成果,同时在课程中凸显本校在新工科专业上独具的特色。首先要提升课程的高阶性,课程目标坚持知识、能力、素质有机融合,培养学生的复杂工程问题解决能力、非结构化解决问题的能力、多学科团队协作能力、研究和开发能力以及创新能力等。其次要突出课程创新性。教学内容体现前沿性与时代性,及时将学术研究、科技发展前沿成果引入课程。教学方法体现先进性与互动性,大力推进现代信息技术与教学深度融合,积极引导学生进行探究式与个性化学习。最后要合理增加课程挑战度。课程设计增加研究性、创新性、综合性内容,加大学生学习投入,科学“增负”,增强学生经过刻苦学习收获能力和素质提高的成就感^[1~3]。

因此,我们从教学内容、教学方法、德育培养、考核机制、师资建设等多方面对《材料现代研究方法与测试技术》课程体系建设进行探索,通过更新、完善教学内容,多元化教学方法等使学生更加扎实地掌握专业基础知识,具备实践和创新能力^[4~7]。

1 教学内容优化

问渠那得清如许? 为有源头活水来。教材的编写总是滞后于科学技术的发展,长沙理工大学采用的

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.08.016

收稿:2021-11-25;修回:2021-12-26;

基金项目:长沙理工大学教改研究课题“课程思政融入《材料现代研究方法与测试技术》的实践与探索”(XJG21-110),湖南省教育厅优秀青年基金(18B163),长沙市自然科学基金(kq2202195);

* 通讯联系人:罗文斌,副教授,博士,主要从事材料科学与工程领域的教学与研究工作。E-mail: wenbin_luo@hotmail.com.

是同济大学 2005 年编著的《材料研究方法》，该教材已经远远不能满足当前专业发展需求。在新工科课程体系改革和课程建设的同时要做好对相应课程教学内容的改革和更新。为拓展学生对材料现代研究方法与测试技术的认知，要求学生在掌握基础学习内容外，还应紧跟科学技术的发展，聚焦科技前沿。例如在热分析这一部分，几乎所有的教材只介绍差热分析、差示扫描量热分析、热重分析这几种常规的分析测试方法。国外一些科研机构已经采用一种灵敏度更高、更先进的热分析技术—绝热加速量热仪来研究锂离子电池的热稳定性能^[8~10]。因此，我们根据专业的特点以及跟踪国外最新的科技发展，将绝热加速量热仪这种新型的热分析技术向学生进行介绍，作为这部分知识内容的一个补充和更新。图 1 为绝热加速量热仪的外观和内部结构图。

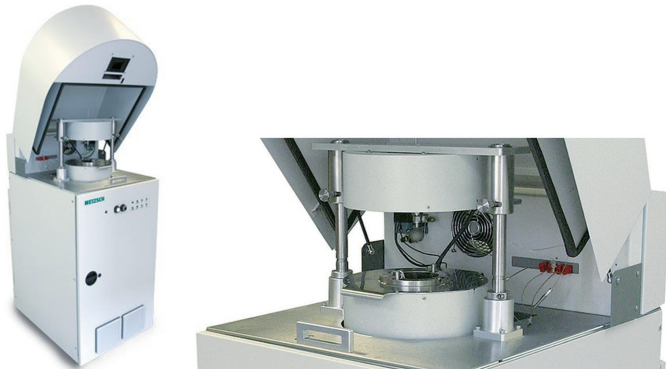


图 1 绝热加速量热仪
Figure 1 Adiabatic accelerating rate calorimeter

2 教学方法多元化

2.1 虚拟仿真技术应用

新工科课程建设需要重视课程的创新性，对于一些真实条件不具备、实际运行困难、高消耗的课程可以借助虚拟仿真技术的优势完成。一些贵重的大型仪器如扫描电镜、热分析仪器等对本科生展示机会较少，最多只是让学生走马观花看一些外观，更别说将仪器拆解，让学生了解每一部分的构造和测试过程。大部分老师在《材料现代研究方法与测试技术》这门课上，只是通过 PPT 用文字向学生讲解这些仪器的工作原理和构造，首先是内容比较枯燥，学生没有画面感，除了死记硬背，并没有深入的体会和了解，往往学完以后还是一头雾水。例如热分析这一部分，热重分析仪是如何工作的？对于特殊样品，如何通过保护性气氛进行保护。我们在《材料现代研究方法与测试技术》这门课程中已经运用了虚拟仿真技术，图 2 为运用虚拟仿真技术制作的热重分析仪工作过程视频截图。通过这种虚拟仿真技术，生动地将热重分析仪内部精密结构和运行过程以 3D 立体的形式展示在学生面前，激发学生学习兴趣，同学们对热重分析仪的构造和工作原理有了更为清晰的认识。

2.2 线上线下融合式教学

新工科人才培养将面临更严重的课时不足问题，因此我们在《材料现代研究方法与测试技术》课程教学中采用线上预习和线下学习相融合的方式。每次上课前一周，教师都要通过在线教学平台发布学习任务、学习要求等，让学生利用网上的教学资源充分做好预习工作。在听老师讲课时，注意力就会特别集中，对一些有疑问的地方理解也更深刻。高质量的课程预习不但可以提高听课效率还能加强学生的自学能力。老师将学生在线学习反馈的问题进行整理，在课堂上教师对于课程中的难点、疑点和学生不容易理解和易混淆的知识进行重点讲解，引导学生理解和掌握。例如，如何根据原子结构壳层理论解释 X 射线特征谱产生的机理。教师可以通过黑板板书画出原子壳层示意图进行讲解，引导学生理解和掌握。教师在课后可借助网络学习平台帮助学生进一步巩固课本知识点，加深其对教学内容的理解。如教师可在

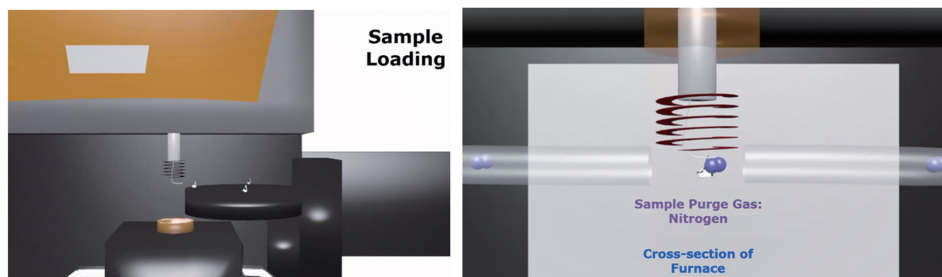


图 2 虚拟仿真热重分析仪工作视频截图

Figure 2 Screenshot of the working video of the virtual simulation thermogravimetric analyzer

平台上发布课后作业让学生自主完成,通过批改作业来了解学生知识薄弱点,在下次课进行讲解。同时教师可以和学生线上讨论交流,教学相长。

2.3 互动教学

对于一些理论性很强而且非常重要的知识点,例如红外光谱的基本概念和原理,红外光谱的表示方法,基团特征频率及其影响因素,红外谱图的解析要素和方法,红外光谱在高分子材料研究中的应用等,可以先让学生分组讨论,然后通过例题讲解和随堂作业加深学生对该知识点的掌握。

2.4 师生角色互换式教学

对于一些复习课,可以让学生扮演教师,每个学生负责讲授一个章节或一个专题的内容,教师作总结和补充,进行点评。学生通过查找资料、备课、讲课,加深了对知识的掌握,提高了学习的兴趣,调动了学习积极性和主动性。在这一过程中锻炼了学生的知识探索能力、组织策划能力和口头表达能力等。特别对于将来有志于从事教学工作的学生来说,更是有意义的实践机会。

总之,在新工科背景下,《材料现代研究方法与测试技术》课程具有明确的培养目标和丰富的教学内容,要通过多元化、生动化、灵活化地运用各种教学方法提高学生的学习兴趣 and 参与度。教学方法不能成为一种形式单调而约定俗成的东西,需要教师在教学过程中精心设计,注重激发学生的兴趣、想象力和创造力。

3 理论与实践结合

纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。重理论轻实践是我国高校在工程教育上存在的一个普遍问题。因此,在新工科专业课程体系建设中,要注重理论与实践的结合,提高理论课程学习效果,提升学生的工程实践能力。长沙理工大学材料学院鼓励学生到科研实验室学习锻炼,每年学生还可以申请“大学生创新创业训练计划”项目,通过查阅资料并在导师的指导下提出新的科学问题,制定研究计划,开展相关实验,展示科研成果。鼓励学生积极参加各种创新创业项目和竞赛,激发学生的科研热情,培养学生的创新意识和创新能力。例如由 2017 级五位本科生组成研究小组,在笔者的指导下申请了“石墨烯复合物作为正极材料在铝离子电池中的应用”大学生创新创业训练项目,从查阅资料、提出课题、项目申请、开展实验到项目结题都由学生独立完成。通过该创新创业项目的训练,学生充分运用多种测试技术进行材料分析,建立材料结构和性能的构效关系,获得有效结论,培养了学生分析和解决问题的能力、团队协作能力、研究和开发能力以及创新能力,从而实现《材料现代研究方法与测试技术》这门课程的培养目标。另外一方面,该项目的实验结果也可以作为教学素材纳入到课程建设中,丰富课程教学,例如在扫描电镜教学部分,可以在课程上展示由学生自己合成的石墨烯/MoS₂ 纳米花状的扫描电镜图,激发学生的学习兴趣。

充分利用校企合作建立“实践教育基地”,以“实践和创新创业能力培养”为导向,深化材料专业教育教学改革,推动材料专业科研与教学研究紧密合作、高等学校和企业深度合作,促进本科生在科学研究、社会实践、定岗实习中得到充分的锻炼。另一方面,教师可以到合作企业担任技术指导和顾问,加强自身

工程化背景,为企业解决技术难题,提高企业经济效益和国际竞争力。

4 注重学生德育培养

《吕氏春秋·求人》所言:“得贤人,国无不安,名无不荣”。虽然《材料现代研究方法与测试技术》是一门专业性很强的课程,但是里面却蕴藏着很多有价值的德育元素。例如通过热分析技术在锂离子电池安全性中的应用,给学生讲述 97 岁高龄的 J. B. Goodenough 教授在 2019 年诺贝尔化学奖的事迹,使学生在潜移默化中体会伟大科学家热爱科学、潜心研究、淡泊名利的奉献精神,提高学生学习动力和科学素养。

5 考核方式优化

《材料现代研究方法与测试技术》这门课程的考核采取的是期末闭卷考试。这种考核方式既不能充分调动学生的学习的积极性,也不能完全反映出学生真实的学习水平。要实现全过程考核方式,提高过程考核成绩在课程总评成绩中的比重,以减少期末考试的局限性。因此需要增加新的评分和考核形式,降低期末试卷考核所占总成绩的比重,如调整平时成绩占总成绩的 60%,平时成绩包括课前预习、课中讨论、课后练习和课外实践等成绩,期末考试成绩占总成绩的 40%。这可以充分调动学生平时的积极性。

6 课程教学团队建设

教学改革主体是教师,优秀的师资队伍是《材料现代研究方法与测试技术》课程改革的有力保证。针对《材料现代研究方法与测试技术》课程特点,组建教学团队授课模式,团队目标是大力开展课堂教学研讨和教学改革,加强与课程内容相关的创新教学,充分发挥专业课教学的育人功能,培养学生的实践能力和创新能力。教学团队成员主要由教学指导经验丰富、学术造诣深、科研能力强的教师、新引进的年轻教师组成。从职能上教师团队由理论课教师、实验教师、实验技术人员组成。在科技快速发展的今天,材料研究方法和测试技术日新月异,这就要求执行改革的教师队伍的知识结构要不断更新、与时俱进,具备较高的专业素养。通过教师国内(境外)访问学者计划,定期委派教师到国内外高水平一流大学材料专业进行研修和开展校际学术交流活动,通过这种交流,把学到的一些新理念、新教材、新教法、信息化教学手段、新的科研思路融入到今后的课程教学和科研工作中。充分运用信息技术,构建突破时空限制、“线上+线下”结合的教师教研模式,加强教学研究、共建优质资源等,为提高人才培养质量筑牢基础。

7 取得的成果

通过新工科背景下《材料现代研究方法与测试技术》课程体系建设实践与探索,激发了学生对该课程的学习兴趣和想象力,帮助学生学好基础理论知识,为学生进入实验室参与课题研究打下坚实基础。近五年来长沙理工大学材料学院本科生共发表文章五十余篇,其中以第一作者发表 SCI 论文 10 余篇,学生参与并授权的专利十余项。学生申获各级创新创业项目近六十项,其中国家级 6 项,省级 6 项。2021 年获互联网+大赛国赛铜奖,湖南省挑战杯省赛三等奖,“建行杯”第七届湖南省“互联网+”大学生创新创业大赛省级三等奖。学生通过参与科研项目解决工程实际难题,从中增加对材料研究方法与测试技术的认识,达到理论联系实际的目的,激发学习兴趣和参与科研的热情。

8 结语

针对新工科背景下《材料现代研究方法与测试技术》这门专业核心课程建设和教学中存在的不足,提

出一些课程体系建设的建议和措施,并进行初步探索和实践,夯实学生的基础知识,提高学生的实践和创新能力,希望为中华民族伟大复兴培养造就一批具有创新创业能力、跨界整合能力、高素质的材料类交叉复合型卓越工程科技人才。

参考文献:

[1] 林健. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 15~19.
[2] 林健. 高等工程教育研究, 2020, 1: 1~13.
[3] 田月兰, 白利斌, 秦江雷, 闰明涛, 巴信武. 高分子通报, 2021, 10: 86~91.
[4] 张振琳, 韩颖, 李青松, 乔琪, 刘迎丹, 彭桂荣. 高分子通报, 2021, 11: 81~84.
[5] 李树生, 康宝涛, 叶晨, 吕一品, 陈国柱. 高分子通报, 2021, 10: 102~105.
[6] 郑国强, 纪又新, 韩文娟, 潘亚敏. 高分子通报, 2021, 10: 92~94.
[7] 付中禹, 谭志勇, 周超. 高分子通报, 2020, 6: 75~77.
[8] Luo W, Huang Z, Zheng B, Kuang G. Thermochimica Acta, 2015, 604: 16~23.
[9] Luo W, Zhou F, Zhao X, Lu Z, Li X, Dahn J R. Chem Mater, 2010, 22: 1164~1174.
[10] Luo W, Dahn J R. Chem Mater, 2010, 22: 5065~5073.

Practice and Exploration of the Construction of the Course System of
“Modern Research Methods and Testing Technology of Materials” under the
Background of Emerging Engineering Education

LUO Wen-bin^{*}, CHAO Zi-sheng, FAN Jin-cheng
(School of Materials Science and Engineering, Changsha University of Science and Technology,
Changsha 410114, China)

Abstract: “Modern Research Methods and Testing Technology of Materials” is a compulsory core course for materials major with strong theory and practicality. Focusing on the connotation of Emerging Engineering Education and the demand for talent cultivation, on the basis of fully understanding the deficiencies in the course construction and teaching, practice and exploration in the construction of the curriculum system, such as the optimization of teaching content, the diversification of teaching methods (virtual simulation technology application, online and offline integration, interactive teaching methods, etc.), moral education training and optimization of the assessment mechanism. Fully stimulate students’ interest in learning, consolidate their professional basic knowledge, and cultivate high-quality materials professionals with stronger practical ability, innovation ability, and international competitiveness.

Key words: Emerging engineering education; Modern research methods and testing techniques of materials; Virtual simulation technology; Course construction; Education teaching reform