

新工科背景下“现代材料测试技术”课程的教学改革与创新

卢国龙¹, 杨微², 王蜜², 刘镇宁¹

(1. 吉林大学 工程仿生教育部重点实验室, 吉林 长春 130022; 2. 长春师范大学 工程学院, 吉林 长春 130032)

摘要: 在新工科背景下, 结合材料类专业本科生“现代材料测试技术”课程特点, 对目前课程教学中存在的不足进行阐述。针对如何培养学生理论应用和实践创新能力, 提出融入多学科交融教学模式与思政元素、改革教学方法、重构教材内容、构建多元化考核评价方式的改革方案。该改革方案对推进新工科建设, 培养适应新时代要求的高层次创新型人才有着至关重要的意义。

关键词: 新工科; 现代材料测试技术; 多学科交融教学模式; 教学改革

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1674-5884(2022)04-0035-07

随着当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革的加速进行, 我国经济发展进入新常态, 高等教育步入新阶段^[1-2]。2017年4月, 教育部高教司发布“新工科”建设行动路线, 提出培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才, 为我国产业发展和国际竞争提供人才支撑的建设愿景^[3]。革新教学内容和课程体系、探究新的教学模式与评价体系是新工科建设的重点内容。同时, 也为我国本科工程教育基础学科教学工作指明了前进的新方向。

材料科学是现代科学技术的三大支柱之一, 其发展水平是衡量一个国家经济发展水平和综合国力的重要标志^[4]。材料科学的发展在很大程度上依赖检测技术的提高。现代材料测试技术是用实验探究的方式, 对材料的成分特征、物相结构、组织形貌等进行观察表征的分析手段。“现代材料测试技术”作为材料科学与工程专业的学科基础课程, 也是一门典型的理论与实践紧密联系的技术应用基础课程。其教学目的是通过了解现代材料研究中各类常用的材料分析测试方法,

包括测试技术的基本原理、仪器设备的结构构造、操作方法和样品的制备及应用等, 培养学生运用各类测试技术的能力, 并为学生将来从事的科研或相关工作奠定坚实的实验基础。

随着材料科学技术的快速发展, 人们对材料性能提出了更加苛刻的要求, 同时对材料组分、微观结构与性能的关系越来越感兴趣^[5]。此外, 许多新型的材料测试分析仪器也是各综合高校和科研院所所在新工科建设背景下开展教学工作、学科建设和科学研究的基础设备。“现代材料测试技术”课程能够有效利用现有实验条件和仪器设备, 使其服务于教学过程, 达到提高新工科人才实践创新能力的目的。本文结合吉林大学的实际情况, 就“现代材料测试技术”课程教学如何改革与创新进行深入研究和探讨。

1 瞄准课程定位, 分析教学现状

1.1 优选教学内容

“现代材料测试技术”理论课程涵盖了材料学、物理学、电子光学、光谱学等许多学科, 包含 X

收稿日期: 2021-09-16

基金项目: 2021 年度国家自然科学基金面上项目 (52075214)

作者简介: 卢国龙 (1988—), 男, 吉林长春人, 副教授, 博士, 主要从事仿生科学及高等教育研究。

射线衍射分析、电子衍射分析、电子显微分析、光学显微分析、红外光谱分析和其他分析测试技术等诸多基础内容^[6],具有涵盖学科范围广、知识点纷繁复杂、理论概念抽象等特点,无形中加大了学生学习的难度,影响其学习效果。此外,受课时限制,教师只能对理论部分做基础讲解,导致学生掌握知识不全面、学习目标不明确、学习效果不理想,在实践操作中学生难以将理论学习转换为实际应用。因此,如何科学划分知识体系,提高教育教学质量,帮助学生掌握现代材料测试技术的初步基础并能在未来科研和实际工作中进行应用实践,显得尤为重要。

1.2 合理选用教材

随着科学研究和生产实践水平的不断提高,现代材料测试技术也得到了突飞猛进的发展,新的材料研究手段日益精密、全面,并向大型化、综合化方向发展。例如,一台新型场发射扫描电子显微镜,除了具有纳米级分辨水平的显微结构分析,还可以配备成分分析附件和晶体结构分析附件,从而实现较为全面的分析功能。而现有的教材,多是几年前的版本,跟不上现代测试技术发展的步伐,教材内容难以及时更新。如何在教学过程中引入最新的仪器和方法来开阔学生视野、培养学生的创新能力是一个极大的挑战^[7-8]。另外,教材大多以介绍基本概念和推导公式为主,缺乏材料测试技术应用方面的案例和习题,内容较为枯燥。教材是课程标准的具体化,在介绍现代材料测试技术基本原理的基础上,应更侧重分析技术的应用。在新工科提倡创新的发展思路下,其专业教学内容建设应该与时俱进,瞄准科技发展前沿,在不断丰富和改善中对内容进行梳理,遵循实用原则并做到条理清晰、简明扼要。

1.3 强化评价体系

目前,“现代材料测试技术”课程大多通过课堂出勤、期末闭卷考试和撰写实验报告等方式对学生进行评定。这种传统的考核评价主体相对单一、评价内容不全面,忽略了理论与实践结合培养的考量,也忽视了学生的学习过程。同时,也限制了教师针对考核结果的反馈及运用,从而不能及时调整教学计划。在保证学生掌握理论基础的前提下,要以促进学生全面发展为主线,以培养创新型科研人才为主要目标,从新工科人才培养需求角度出发,凸显学生实际创新实践能力的考核。

在新工科建设背景下,为提高我国创新型人才的培养质量,建立全面、有效的课程评价体系至关重要。

2 创新教育理念,优化课程体系

2.1 融入多学科交融教学模式

学科融合多元化发展是教学改革的必然选择。“现代材料测试技术”课程的知识体系涉及广泛、实用性较强,具有适用于多学科教学的特点。教师可通过介绍学科交叉案例,或利用教师的交叉研究及科研项目,来完善多学科交融的教学模式。例如,在实验教学过程中,可有机结合与仿生学相关的材料测试研究。仿生学是20世纪生物学与技术科学快速发展而产生的一门新兴交叉学科。自诞生以来,仿生学以其可持续发展的强大生命力和充满原始创新的无限活力飞速扩展到自然科学、技术科学和工程科学的众多领域^[9-10]。而仿生测试技术中常用的常规表征测试技术就包括电子显微技术、X射线衍射技术、红外光谱技术等。通过灵活设计专业课模块,将相应内容在现代材料测试技术科研、生产领域的应用情况对学生进行渗透,拓宽学生对现代材料测试技术学科知识的涉猎范围,提高其科学研究兴趣。例如,在车载燃料电池双极板仿肺三维流场传质增效设计与制造中,提出利用金属3D打印工艺制造双极板仿肺3D流场,采用扫描电子显微分析技术观察样品支气管与肺泡之间的空间结构,探索肺部气管树及其排水机理,继而讲解扫描电镜的工作原理、仪器构造、主要性能指标、检测方法和图像分析(如图1所示)。通过合理设计交叉学科的科研项目,提高学生参与的积极性,利用实验探究关键参数,增强学生知行合一的能力,从而丰富“现代材料测试技术”课程中多学科交融模式的教学内容,培养学生的综合应用能力。

此外,结合仿生学的多学科交融教学模式还能够帮助学生关心自然与社会,是培养学生实践能力、创新精神与社会责任感的重要途径。

同时,在教学中融入多学科交融教学模式能够为教师提供发展的平台。不仅教学内容要体现多学科融合的多端模式,教师更应将自身的多学科思维渗透进教学过程,而且要在教学方法上不断创新、教学内容上不断充实和完善。应用多学科交融教学模式能够丰富其课堂教学形式,提升

课程的整体质量和教学效率。同时,把科研项目融入教学,利用教学推动科学研究,两者相互促进、相辅相成。如此,可打破固有学科领域界限,形成体现多学科交叉融合特征的工程人才培养模

式,引导学生掌握和探索交叉学科前沿的知识与发展动态。目前,关于“现代材料测试技术”课程中融入多学科交融教学模式的研究相对较少,具有较高新颖性。

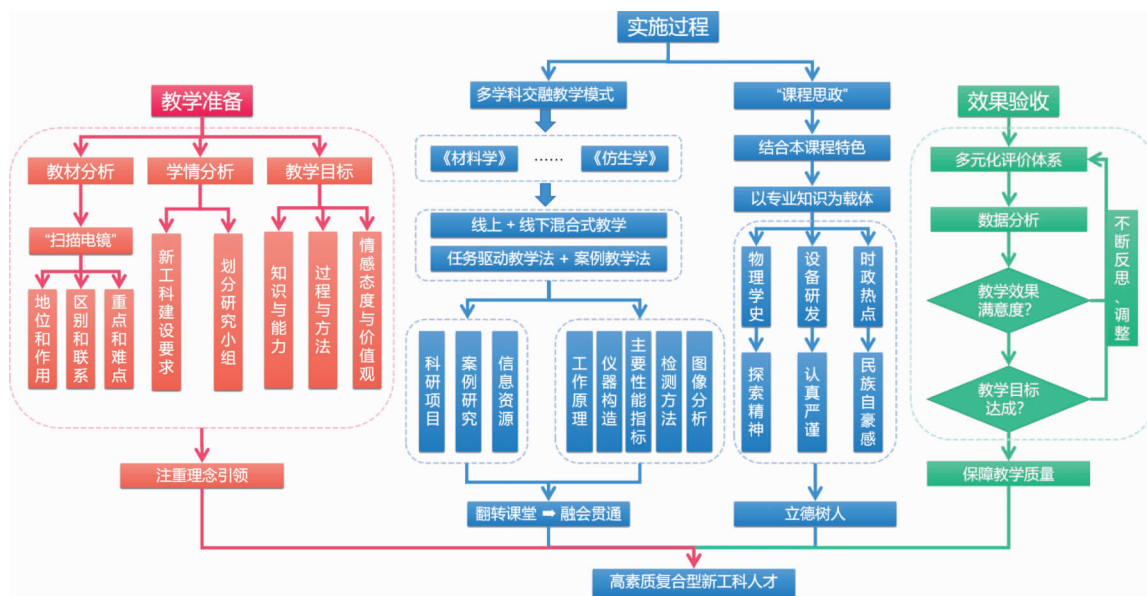


图1 新工科背景下“现代材料测试技术”课程教学流程——以“扫描电镜”为例

2.2 融入思政元素

课程思政是落实高校立德树人根本任务的重要途径^[11],也是新工科建设在专业课程教学中培养学生德才兼备、全面发展的迫切需要。在不断发展的现代社会,材料已经逐渐成为人类赖以生存和发展的物质基础。其与国民经济建设、国防建设密切相关,与人民的衣食住行密不可分。在“现代材料测试技术”课程的教学过程中,通过有机结合相关时事热点,如党的十八大以来提出的美丽中国、健康中国等,为材料科学技术的专业知识传授和思想政治教育提供了众多生动素材。在教学过程中,需要巧妙地将其中所蕴含的爱国情怀、创新精神等德育元素精髓有机地融入课堂教学过程,以润物无声的方式培养学生的专业自豪感和社会责任感,增强科技报国的家国情怀和使命担当^[12]。

基于融合仿生学的多学科交融教学模式,以多元化的视野,强化人类与自然更和谐、更密切的关系,能够帮助学生树立协调发展的生态文明理念,形成关注环境及可持续发展问题的意识,深入理解构建人类命运共同体的重要内涵;着眼于学习模拟大自然运行法则的仿生理念,既实现了新

工科背景下的教育目标,又丰富了课程教学内容,同时也在加深学科内容深度和广度方面起着至关重要的作用,为培养德智体美劳全面发展的新工科人才提供有力支撑。

除此之外,在课堂教学过程中适当融入物理学史或设备研发过程,如X射线的重大发现,唤醒了沉睡的物理学界。德国物理学家伦琴以几十年的精心实验和严谨自觉的工作态度揭开了现代物理学革命的序幕。通过讲述蕴藏在开创性成果下科学家艰辛奋斗和探索的精彩故事,使学生懂得科学成果的来之不易,懂得科学研究需要具有认真严谨的治学态度^[13];同时帮助学生理清相关物理法则和规律的演变脉络,了解科学家们作出的卓越贡献和坚定不移的探索精神,使学生潜移默化地受到感染和熏陶;并且通过不断强化其专业知识背景,让学生了解科技发展带来的巨大影响和变化,激发学生对X射线的学习兴趣,提高学生的科学素养和人文精神。在每个章节的教学过程中,都应深度挖掘与之对应的思政元素,通过融入丰富的思政案例,进一步推动课程教学改革建设。具体实施过程见表1。

表 1 课程思政融入教学内容

章节	教学内容	思政案例	思政元素
1	绪论	中国神州十二载人飞船发射圆满成功	载人航天精神、工匠精神、民族自豪感
2	X 射线物理学基础和 X 射线衍射分析	德国物理学家伦琴事迹、现代科学技术发展史	严谨求实的科学态度、奉献精神、科技强国
3~5	电子光学、透射电子显微镜、扫描电子显微镜	微观世界“纳米”的发展史、我国第一台电镜试制成功、我国氢燃料电池汽车的研究现状	探索精神、爱国主义、思维创新、可持续发展
6~8	晶体光学、光学显微分析、红外光谱分析	新型非线性光学晶体合成研究进展、光学显微镜的发展史、新疆棉制品的检测方法	科技自信、奋斗精神、家国情怀、民族精神
9~10	热分析技术和其他分析测试技术	瘦肉精事件、我国自主研发百吨级 T1000 碳纤维生产线实现投产	正确的价值观、诚实守信、社会责任感、自主创新

在“现代材料测试技术”课程的整个教学过程中,立足于课程思政建设的根本要求,以教育理念为灵魂,结合现代材料专业教学特色,以专业测试技术知识为载体,深度融合课程思政元素,是促进材料工程专业课程深入改革,实现知识传递和价值引领齐头并进,提高新工科人才培养质量的重要手段。

2.3 改革教学方法

改变传统的教学方法,落实以学生为中心的理念。基于新工科背景,“现代材料测试技术”课程教学在教学改革方面作了很多尝试。首先,基于任务驱动法设置研究小组,以教师在仿生学和材料测试技术方向的交叉研究及科研项目为导向,依托信息社会资源开放的特点,通过发布相关科研任务,引导学生根据所要解决的问题自主学习,查阅相关资料,解决专业学时有限的问题,拓宽学生多学科交叉的思维广度。其次,充分利用案例教学法,在实践教学过程中选择具有学科交融的代表性案例。例如,在氢能源汽车中,从质子交换膜燃料电池双极板仿生流道制备过程中的表征及相关性能检测出发,引入模压工艺过程中石墨材料仿生流道双极板的检测方法,然后进一步讲解检测其材料的主要方法——热分析技术,随之讲解热分析技术的基础种类、基本原理、曲线特征分析及影响因素。另外,基于小规模의翻转课堂形式,为学生提供创新平台,鼓励学生了解最新测试方法动态,以汇报形式在课堂上讲解仪器结构、操作注意事项,培养学生的知识综合运用能力。

通过本课程学习,帮助学生对材料科学领域的研究和检测中常用的各种材料测试技术进行系

统了解,并能够正确选择材料测试方法分析典型的测试结果(图谱、图像等)。通过改革教学方法,有机融合仿生学内容,丰富教育理论,改变了传统的先讲后练式教学结构,使学生真正成为学习的主体。

2.4 重构教材内容

教材是课程内容的载体,其作为教育的基础,承载着微观层面的人才培养重任。尽管有关材料分析测试技术的参考书籍琳琅满目、种类繁多,但其交叉仿生学科的教材相对匮乏,因而需要教师根据其教学实践、科研经验以及创新人才培养目标进行合理编排,以满足学科融合多元化发展的教学需要。该教材在编写过程中应聚焦课堂教学本质,以课程标准为依据,以融合交叉为特色,以人才需求为导向,以立德树人为主线,以灵活设计专业课模块为关键载体,以教材内容深广度适中够用为原则,以培养交叉仿生学科创新人才为目标,并在遵循教学基本规律的前提下设计和开发教材,使之能够满足新工科背景下课堂教学的最大化需求。

鉴于现代材料测试技术发展日新月异,技术与仪器设备不断更新,在侧重各种分析测试方法基本理论、原理叙述经典性的同时,也应注重结合科学技术发展的最新动态,灵活把握教材的科学性、系统性和适用性,继而反映出当代科学技术的新知识、新理论、新技术,突出反映教材内容的现代化特色。由于现代材料分析测试工作实践性强,在编写教材的过程中,编者应着重培养学生应用分析方法解决具体问题的能力,并大量提供科研工作中的实际问题做作为应用实例,使学生在 学习本课程后能掌握具体的分析方法,为教学实

践活动及科学研究服务。同时,应配合大量插图、图表等,让理论概念更清晰化,在讲授过程中让学生直观了解知识体系及其相关技术的选用准则。此外,为巩固所学知识,每章都应设有一定量的思考题,旨在加强基础、拓宽专业面。在交叉仿生学科的内容搭配上,要从整体上进行审视,将同一主题的专业课知识加以归类形成模块,并辅助呈现多学科交叉的探究任务、科研实例、扩展资料等,从而优化教材内容的学科横向联通性,拓宽学生专业口径,实现多学科知识的交叉与渗透,以满足培养新工科背景下创新人才的需要。

2.5 构建多元化考核评价体系

教育评价是教育改革的指挥棒^[14]。科学的考核方法是客观评价学生知识掌握能力和教学活动的重要环节,对培养学生的个性和创造性具有重要作用^[15-16]。“现代材料测试技术”课程的考核评价体系,不光要加强学生对基础理论知识的考核,还要注重学生在学习过程中的表现,把多元化考核的重点放在教学过程中。

新工科背景下的多学科交融教学模式,以促进学生的全面发展作为衡量人才培养质量的根本标准,构建多元化考核评价体系,如图2所示。

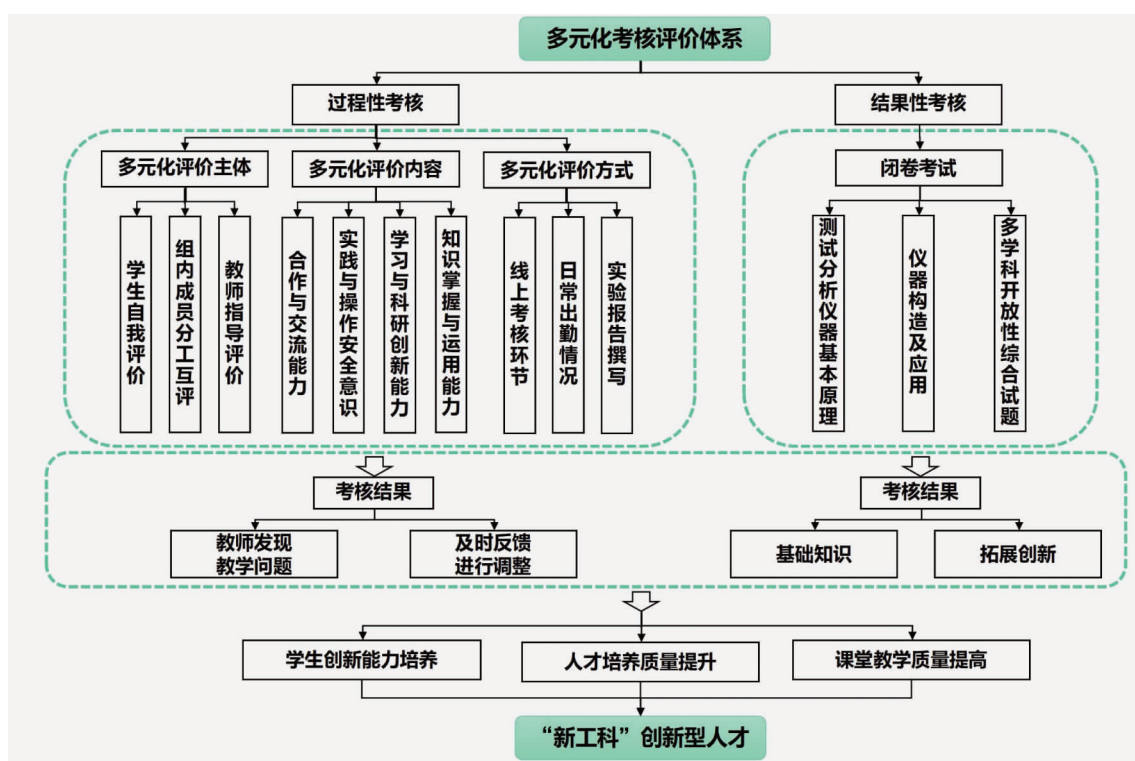


图2 多元化考核评价体系

一是建立多元化评价主体,包括学生的自我评价、组内成员分工互评、教师指导评价等,由多元化主体从多个角度出发,形成全员参与的多元评价机制。二是丰富多元化评价内容,包括合作与交流能力、学习与科研创新能力、实践与操作安全意识、知识掌握与运用能力等多个维度,构成精细化的多元评价体系。三是运用多种评价方式,包括线上考核环节、日常出勤情况、实验报告撰写等多种评价方法,实现多元化考核评价体系的构建。四是采用过程与结果相结合的多元考核体系。在日常考核中,教师通过灵活划分各专题分

值占比,按一定权重算入过程分;并通过考核结果及时作出反馈,分析学生学习掌握情况,同时进行教学调整,从而完善和改进教学过程。在结果考核中,采用闭卷考试的形式,考查学生对各种测试分析仪器基本原理、构造及应用的掌握情况,并加入一定量的多学科开放性综合试题,考查学生对所学知识的综合运用与拓展创新能力。

构建多元化考核评价体系,有利于提高人才培养质量,能够培养学生的实践与创新能力,也能够促进学生养成良好的团队意识和科学素养。

3 发放调查问卷,检验教学效果

在阶段教学实践结束后,为检验结合仿生学的多学科交融教学模式“现代材料测试技术”课程的教学效果,设计并发放了实施效果调查问卷(见表2)。其中,一级指标为学习过程和学习结果,随后根据一级指标细化出6个二级指标和14个对应题项。问卷设计基于李克特量表(Likert scale),所设题项均为客观选择题,不同选

项表明被测者对该项陈述的认同程度。所设5个选项及对应分值如下:十分同意(5分)、同意(4分)、一般(3分)、不同意(2分)、十分不同意(1分)。各个题项所得平均分数越高,证明被测者对于该题项认可度越高。本次研究调查对象为材料成型及控制工程专业01班学生,共发放调查问卷23份,回收问卷23份,回收率100%。经确认全部问卷为有效问卷,有效率100%。

表2 阶段性教学效果调查分析

一级指标	二级指标	题项	平均分	项已删除的 α 系数
学习过程	学习需求	我希望学习仿生学等多学科知识	4.22	0.893
		我希望了解更多的科学发展趋势与前沿动态	4.35	0.872
		我认为目前的教材内容不能满足我的学习需求	4.17	0.891
	教育期望	我希望学习本课程后能培养我解决问题的能力	4.22	0.867
		我希望教师重视培养学生的科研创新精神	4.13	0.872
		我能够利用充足的自主学习空间去探索未知	4.26	0.871
	学生满意度	我喜欢科研和教学相结合的授课形式	4.43	0.864
		我喜欢现行的多学科交融教学模式	4.52	0.876
		我喜欢现行的多元化考核评价方式	4.48	0.868
		我喜欢教师在授课时融入思政元素,升华课堂	4.35	0.876
学习成果	知识与技能	学习本课程后,我的综合知识应用能力得到提升	4.30	0.861
	可迁移能力	学习本课程后,我的表达、创新能力得到提升	4.52	0.875
		我能掌握基础知识并对仪器设备进行规范操作	4.26	0.875
	自我认识	我会在课外时间与任课教师进行学术交流	4.00	0.875

根据问卷调查分析,针对“项已删除的 α 系数”,任意题项被删除后,信度系数并不会会有明显的上升,因此说明题项设计合理有效。同时,除“我会在课外时间与任课教师进行学术交流”之外,其他陈述项均值皆大于4分。由此可知,在学习过程的调查中,学生对交叉仿生学科的教学模式喜爱程度颇高,对其教学过程、教学评价的设计与实施满意度较高;在学习成果的调查中,学生认为自身科研能力、综合素质有着显著提升。此外,根据线上SPSS AU工具和Excel 2010软件统计结果可知,研究数据信度系数值高于0.8(见表3),综合说明数据信度质量高,可用于进一步分析。

表3 问卷数据 Cronbach 信度分析-简化格式

指标	项数	样本量	Cronbach α 系数
学习过程	10	23	0.832
学习成果	4	23	0.788
总体可靠性分析	14	23	0.882

实践证明,在阶段教学中,“现代材料测试技

术”课程取得了较好的教学成效,能够满足学生的学习需求和教育期望,并获得了学生的广泛欢迎和认可,也对其知识运用能力和综合素质的提高有很大帮助。并在达成教学目标的同时,完成“现代材料测试技术”课程的教学任务。

4 结语

在加快新工科建设的背景下,“现代材料测试技术”课程教学改革与创新涉及范围广、操作难度大,是一项综合性的系统工程。现代材料科学测试技术的新理论、新知识、新技术迅猛发展,展现出极具创新性的应用前景,这给材料科学教学带来了新的发展机遇与挑战,同时也为教师赋予了新的职业责任与使命。因此,必须要适应新时代高等教育的发展,遵循新工科建设的基本要求,去深入考量、精心谋划和大力实施,不断加强多学科交叉与融合;必须坚持立德树人导向,强化课程思政教育与学生素质培养;不断深化教学改革,力争创新专业课程教育方式与手段,打造工程

教育开放融合新生态,使材料科学教学取得新的更大的成就。

参考文献:

- [1] 钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.
- [2] 罗通,赵刚,湛贵辉,等.面向地方经济社会发展的新工科人才培养研究与实践——以机械电子工程专业为例[J].当代教育理论与实践,2021(3):78-85.
- [3] 王雪红,陈健壮,支东彦,等.新工科背景下通识教育类课程的教学模式探索——以材料导论课程为例[J].化学教育(中英文),2021(6):21-25.
- [4] 马红萍.“材料现代研究方法”应用式教学探索与实践[J].中国质量与标准导报,2018(11):65-67.
- [5] 陶文宏,杨中喜,师瑞霞.现代材料测试技术[M].北京:化学工业出版社,2013.
- [6] 杨中喜,陶文宏,师瑞霞,等.《现代材料测试技术》设计性实验教学的改革与探索[J].实验室科学,2008(4):40-41.
- [7] 宋春林,何洪,唐剑锋,等.《材料现代测试技术》课程改革探讨[J].西南师范大学学报(自然科学版),2015(6):10-153.
- [8] 李辉.新工科教育改革视界下的教材建设思考[J].现代教育管理,2019(10):102-106.
- [9] 任露泉,梁云虹.仿生学导论[M].北京:科学出版社,2016.
- [10] 李秀娟,张志辉,邹猛,等.需求视角下的交叉仿生物学及专业设立必要性分析[J].高等工程教育研究,2019(2):46-49.
- [11] 郭华,张明海.高校“课程思政”协同育人体系构建研究[J].当代教育理论与实践,2020(1):5-10.
- [12] 贾启君.新工科课程思政建设的实践逻辑[J].中国大学教学,2021(5):50-53.
- [13] 彭曼丽,崔梦飞.高校“课程思政”教学改革实践路径探析[J].当代教育理论与实践,2020(1):1-4.
- [14] 姜军委.高等教育“以人为本”管理策略探索[J].大连大学学报,2009(5):129-132.
- [15] 江鸿杰,李义兵,刘崇宇,等.《材料现代分析方法》课程教学建设与改革[J].广东化工,2018(2):198.
- [16] 杨宗长.面向新工科之“嵌入式系统”课程教学规划初步探索与实践[J].当代教育理论与实践,2021(4):42-48.

Teaching Reform and Innovation of the Course of “Modern Material Testing Technology” Under the New Engineering Background

LU Guolong^a, YANG Wei^b, WANG Mi^b, LIU Zhenning^a

(a. Key Laboratory of Bionic Engineering, Jilin University, Changchun 130022;

b. College of Engineering, Changchun Normal University, Changchun 130032, China)

Abstract: This paper discusses the flaws in the current course “Modern Material Testing Technology” against the backdrop of new engineering, which combines the features of the course for materials students. In order to cultivate students’ theoretical application and practical innovation ability, this paper proposes a reform scheme that includes integrating a multi-disciplinary blending teaching mode, ideological and political elements, reforming teaching methods, rebuilding textbook content, and developing diverse assessment and evaluation methods. The reform program is critical for encouraging the development of new engineering courses and fostering high-level inventive talents to meet the demands of the new age.

Keywords: new engineering; Modern Material Testing Technology; multi-disciplinary blending teaching mode; teaching reform

(责任校对 王小飞)