

新工科背景下“生物质先进功能材料”交叉课程建设与教学模式探索

王毓

成都大学高等研究院, 中国·四川 成都 610106

摘要: 在教育部积极推进新工科建设和促进学科交叉融合发展的背景下, 许多学校开设了生物质功能材料综合实验课程。该课程以农工融合发展为指导思路, 以增强产出、提升学生科研素养为目标, 研究建立了内容丰富、实用性强的课程体系。本文以新工科建设理念为指导, 聚焦“生物质先进功能材料”交叉课程建设, 从课程目标定位、内容体系构建、教学模式创新、实践环节设计等方面展开系统探索, 旨在打破传统课程的学科局限, 构建适应产业需求和人才培养规律的课程体系与教学模式, 为新工科背景下交叉课程建设提供可复制、可推广的经验。

关键词: 新工科; 生物质先进功能材料; 交叉课程; 教学模式

Development of Interdisciplinary Courses on "Advanced Functional Materials from Biomass" and Exploration of Teaching Models under the New Engineering Paradigm

Wang Yu

Chengdu University Advanced Research Institute, China Sichuan Chengdu 610106

Abstract: Against the backdrop of the Ministry of Education's proactive promotion of new engineering development and interdisciplinary integration, numerous institutions have introduced comprehensive experimental courses on functional materials derived from biomass. Guided by the principle of integrating agriculture and engineering, this course aims to enhance outcomes and elevate students' research literacy by establishing a rich and practical curriculum framework. Guided by the principles of new engineering education, this paper focuses on the development of the interdisciplinary course "Advanced Functional Materials from Biomass". It conducts systematic exploration across course objective positioning, content system construction, teaching model innovation, and practical component design. The aim is to transcend the disciplinary limitations of traditional courses, constructing a curriculum system and teaching model that aligns with industrial demands and talent cultivation principles. This endeavour seeks to provide replicable and scalable insights for interdisciplinary course development within the new engineering education framework.

Keywords: New engineering; Advanced functional materials from biomass; Interdisciplinary course; Teaching model

0 引言

2017年以来,我国大力推进新工科建设,核心目标是培养具备“跨界整合、创新引领、应对挑战”能力的高素质工程人才,而交叉课程建设作为打破学科壁垒、实现人才跨界培养的关键载体,成为新工科建设的重要抓手。生物质材料作为来源可再生、环境友好的绿色材料,其功能化改性与高值化利用是解决资源短缺和环境污染问题的重要途径,“生物质先进功能材料”正是融合了生物质科学、材料科学、化学工程、环境工程等多学科理论与技术的交叉领域。

梳理国内外相关研究文献可知,交叉学科工程教育与生物质材料领域教学改革的研究已形成多维度成果,为本

文研究奠定了坚实基础。在交叉课程建设理论与实践方面,国外研究起步较早,形成了成熟的范式与经验总结。美国麻省理工学院(MIT)提出的“工程教育2020计划”,以“跨学科整合”为核心,构建了“学科基础+交叉模块+项目实践”的课程架构,其相关研究强调跨学科组织管理机制对课程落地的支撑作用^[1];德国慕尼黑工业大学在“工业4.0”背景下的交叉课程研究,聚焦产业需求导向,提出“企业主导、高校协同”的开发模式,其“双元制”教学相关研究为实践能力培养提供了重要参考^[2]。

国内研究在新工科政策引领下快速发展,形成了兼具国际借鉴与本土特色的成果体系。在交叉课程体系构建方面,李美琪等人提出“学科融合、产教融合、科教融合”

的“三融合”理念,为跨学科课程设计提供了核心指导框架^[3];刘杰在“新工科课程体系构建逻辑”研究中,强调需打破课程碎片化局限,构建模块化、递进式的知识体系^[4];李陈桂提出的“融合式工程教育模型”,将“知识、能力、价值”三位一体目标融入交叉人才培养,凸显了中国特色工程教育的价值导向。在生物质材料领域教学改革方面,相关研究多聚焦单一教学模式优化与知识拓展^[5];金宇针对“生物质材料”课程提出案例教学与实验教学结合的模式,重点提升学生理论应用能力^[6]。

综合来看,现有研究已明确交叉课程建设的核心逻辑与生物质材料领域教学改革的关键方向,但仍存在明显不足:一是多数生物质材料课程研究聚焦单一教学模式或实验环节优化,缺乏对多学科交叉课程“体系构建—模式创新—实践落地”全链条的系统探索;二是现有交叉课程研究多适用于通用工科领域,针对生物质先进功能材料这一特定交叉领域的课程建设研究较少,未能充分对接该领域“农工融合、绿色低碳”的产业特性与多学科交叉需求;三是部分研究存在“重理论构建、轻实践落地”倾向,对课程实施中的资源整合、师资建设等现实挑战关注不足。基于此,本文结合生物质功能材料综合实验课程的自身特点,围绕课程目标定位、内容体系构建、教学模式创新、实践环节设计及实施保障等方面,研究建立始于基础、立足交叉、聚焦创新的课程体系与教学模式,为同业人士提供参考。

1 “生物质先进功能材料”交叉课程建设的背景与目标

1.1 课程建设背景

从国家战略层面看,“双碳”目标的提出推动了绿色低碳产业的快速发展,生物质作为唯一可转化为固体、液体、气体燃料及高值功能材料的可再生资源,其开发利用已纳入国家重点发展领域,急需相关专业人才支撑产业升级。从学科发展层面看,生物质材料的功能化改性涉及生物质化学、材料合成、纳米技术、界面化学等多个学科的交叉融合,传统单一学科课程体系已无法覆盖学科发展的核心内容,必须构建交叉课程体系以适应学科发展趋势。从产业需求层面看,当前生物质材料企业面临着功能化产品研发能力不足、高端人才短缺等问题,传统人才培养模式下的毕业生因缺乏跨学科知识和实践创新能力,难以快速适应企业岗位需求,课程建设的现实需求迫切。

1.2 课程建设目标

结合新工科建设要求和产业人才需求,“生物质先进

功能材料”交叉课程建设确立三大核心目标。一是知识目标:使学生掌握生物质材料的结构与性能、功能化改性原理、先进制备技术等基础理论知识,同时熟悉材料表征、环境评价、工程设计等跨学科知识,构建系统的跨学科知识体系。二是能力目标:培养学生的跨学科思维能力,能够运用多学科知识分析和解决生物质材料功能化研发中的实际问题;提升学生的实践操作能力,熟练掌握关键实验技术和设备操作;强化学生的创新研发能力,能够开展生物质先进功能材料的设计、研发与优化工作。三是素养目标:树立学生的绿色发展理念和工程伦理意识,培养学生的团队协作精神和终身学习能力,适应生物质材料产业的快速发展需求。

2 “生物质先进功能材料”交叉课程内容体系构建

2.1 基础理论模块:筑牢跨学科知识根基

基础理论模块涵盖生物质科学基础、材料科学基础、化学工程基础三大子模块,为学生构建跨学科知识框架。生物质科学基础子模块重点讲解生物质的来源与分类、化学组成与结构、热解与降解特性等内容,使学生掌握生物质材料的基本属性;材料科学基础子模块聚焦材料的结构与性能关系、功能材料的设计原理、材料表征技术等核心知识,为生物质材料的功能化改性提供理论支撑;化学工程基础子模块涉及反应动力学、分离工程、过程优化等内容,助力学生理解生物质材料制备的工程化逻辑。通过基础理论模块的学习,学生能够建立多学科知识的内在关联,为后续交叉技术学习和应用实践奠定基础。

2.2 交叉技术模块:聚焦学科融合核心

交叉技术模块是课程的核心内容,围绕生物质材料功能化改性的关键技术,融合多学科前沿技术成果,设置四大核心主题。一是生物质基吸附材料制备技术,融合材料合成、界面化学、环境工程等学科知识,讲解吸附材料的设计原理、制备方法及在废水处理中的应用;二是生物质基智能响应材料技术,结合高分子化学、纳米技术、传感技术等学科内容,介绍智能材料的响应机制、合成工艺及在生物医学、智能包装等领域的应用;三是生物质基能源材料技术,整合能源化学、材料科学、工程热力学等学科知识,阐述储能材料、燃料电池材料的制备技术及性能优化;四是生物质基复合材料技术,融合材料力学、界面工程、加工工艺等学科内容,讲解复合材料的复合原理、制备技术及在汽车、建筑等领域的应用。每个主题均设置“理论讲解+案例分析”环节,结合行业前沿案例解析技

术难点,强化学生的跨学科应用能力。

2.3 应用实践模块:衔接产业实际需求

应用实践模块以产业需求为导向,设置实验操作、项目研发、企业实习三大环节。实验操作环节选取12个核心实验,涵盖生物质材料的提取、改性、表征及性能测试,如“生物质基活性炭的制备及吸附性能测试”“生物质纳米纤维素的制备及表征”等,培养学生的实验技能;项目研发环节以小组为单位,围绕产业实际问题设计研发项目,如“秸秆基吸附材料处理重金属废水的研发”“木质素基智能水凝胶的制备及应用研究”等,学生自主完成项目设计、实验实施、成果总结等全过程,提升创新研发能力;企业实习环节与5家生物质材料企业建立合作,安排学生进入生产车间、研发中心实习,了解产业生产流程、技术瓶颈及研发方向,实现课程内容与产业需求的无缝衔接。

3 “生物质先进功能材料”交叉课程教学模式创新

针对交叉课程的特点,突破传统“教师讲授+学生听讲”的单一教学模式,构建“线上线下混合式+项目驱动+科研反哺”的三位一体教学模式,实现“教-学-做-创”的有机融合。

3.1 线上线下混合式教学:提升教学效率与质量

线上教学依托智慧教学平台,搭建“课程资源库+在线互动+自主学习”三大模块。课程资源库整合优质教学资源,包括150个知识点微课视频、30份行业前沿报告、50篇核心学术论文及实验操作视频等,学生可根据自身需求自主安排学习进度;在线互动模块通过直播答疑、讨论区交流、在线测试等形式,及时解决学生学习过程中的疑问,强化知识掌握;自主学习模块设置个性化学习任务单,根据学生的学习进度和测试结果推送针对性学习内容,实现因材施教。线下教学聚焦重点难点内容讲解、实验操作指导和项目研讨,通过“案例解析+小组讨论+实操演练”的形式,深化学生对知识的理解和应用。线上线下教学的有机结合,既突破了时间和空间的限制,又保障了教学的针对性和实效性。

3.2 项目驱动教学:强化学生创新实践能力

项目驱动教学贯穿课程全过程,以“基础项目-综合项目-创新项目”三级项目体系为载体,实现从知识吸收到能力转化的递进。基础项目对应基础理论模块,围绕单一知识点设计小型项目,如“生物质中纤维素的提取及含量测定”,帮助学生巩固理论知识;综合项目对应交叉技术模块,结合多个知识点设计综合性项目,如“生物质基

吸附-催化材料的制备及废水处理应用”,培养学生的跨学科应用能力;创新项目对应应用实践模块,结合产业前沿需求和教师科研课题设计创新性项目,如“基于生物质的柔性超级电容器电极材料研发”,学生自主组建团队,在教师指导下完成项目研发,培养创新思维和研发能力。在项目实施过程中,教师扮演“引导者”角色,通过定期召开项目推进会、提供技术指导、组织成果答辩等形式,保障项目顺利开展。

3.3 科研反哺教学:实现教学与科研协同发展

依托课程教学团队背后由材料学、生物质化学、环境工程等多学科教师组成的科研创新团队,构建“科研成果系统化转化、科研平台全方位开放、科研项目深层次吸纳”的三维科研反哺教学机制,实现科研资源与教学过程的深度融合。在科研成果转化方面,建立“成果筛选-内容适配-教学转化”的标准化流程:首先由教学与科研双带头人联合筛选团队近5年在生物质基智能材料、能源材料、环境功能材料等领域的10项核心科研成果,重点选取具有技术代表性、安全可控性且符合教学认知规律的成果;随后联合企业技术专家对成果进行教学化改造,将复杂的科研数据转化为直观的教学案例,把精密的科研实验拆解为阶梯式的教学实验项目——以“木质素基碳材料的制备及储能性能研究”为例,转化后的综合实验项目增设“原料预处理对比实验”“制备工艺参数优化设计”等环节,配套编写实验指导书和安全操作手册,并录制科研团队核心成员的操作演示视频,让学生在掌握基础操作的同时,理解科研成果从实验室到应用的转化逻辑,直观接触学科前沿内容。在科研平台开放方面,制定“分层分类开放”制度:基础层面向全体学生开放校级“生物质材料基础实验室”,配备红外光谱仪、比表面积分析仪等基础表征设备,满足课程实验教学需求;进阶层向开展创新项目的学生开放省级“先进生物质功能材料重点实验室”,提供扫描电子显微镜、X射线衍射仪、电化学工作站等先进科研设备,并安排专职实验员和科研团队成员进行设备操作培训,全年开放时长不低于2000小时;同时搭建“科研设备共享预约平台”,学生可线上预约设备使用时间、提交实验方案,平台自动匹配对应的科研导师进行指导,确保学生在安全规范的前提下开展创新项目研发。在科研项目吸纳学生参与方面,建立“梯度化参与”模式:面向低年级学生设立“科研助手入门计划”,通过科研讲座、实验室开放日等活动选拔对科研感兴趣的学生,协助科研团队进行样品预处理、数据录入等基础工作,培养科研基本素养;面向中高

年级学生推行“课题子项目认领”机制,将教师在研的国家自然科学基金项目、企业横向合作项目拆解为“秸秆基碳材料的掺杂改性研究”“生物质基复合材料界面结合力优化”等小型子项目,学生以小组形式认领后,在导师指导下完成文献调研、实验设计、数据处理及阶段性报告撰写;对于表现突出的学生,推荐加入核心科研团队,参与论文撰写、专利申请等关键环节。

4 实施挑战与反思

4.1 核心实施挑战

4.1.1 资源整合难题

实验设备方面,课程涉及生物质科学、材料科学、化学工程等多学科交叉技术,所需设备既包含生物质专用表征仪器,又涵盖材料合成与性能测试的精密设备,现有设备多为单一学科配置,难以全面匹配交叉实验的复合需求,部分复杂实验因缺乏专用设备无法开展。教学资源方面,不同学科的教材、文献、行业报告等资源标准不一、逻辑分散,缺乏经过系统整合的跨学科教学素材,学生需花费大量精力梳理不同学科知识的内在关联,影响学习效率;校企合作方面,合作模式较为表层,企业参与课程建设的深度和广度不足,未能充分发挥企业在产业需求传递、实践场景提供、技术专家支持等方面的优势,难以实现课程内容与岗位需求的精准对接。

4.1.2 师资队伍短板

师资结构上,现有教师多为单一学科背景,缺乏跨学科的知识储备和研究经历,在讲解交叉学科融合知识点时,难以全面覆盖不同学科的核心逻辑,影响教学内容的深度与完整性。教学负荷上,交叉课程需整合多学科教学内容,教师需投入更多时间进行课程设计、资源整合和跨学科知识补充,叠加科研任务压力,导致教学精力分配不足,难以充分保障实验指导、项目研讨等环节的教学质量。教学动力上,现有评价体系中科研成果权重较高,教学创新成果的激励力度不足,教师将科研成果转化为教学内容、参与跨学科教学改革的积极性受限,科研与教学协同发展的机制尚未完善。

4.1.3 制度保障缺失

跨学科管理方面,缺乏专门的交叉课程统筹管理机构,涉及教务处、学院、实验室、合作企业等多个主体的沟通协调机制不顺畅,在课程规划、设备申购、资源调配等环节存在流程繁琐、效率低下的问题,影响课程建设的推进速度。师资评价方面,现行评价标准侧重科研指标,对跨学科教学的工作量核算、成果认定缺乏明确规范,企

业技术专家参与教学的课时折算、成果认可等机制不健全,阻碍了校外优质师资资源的引入。学分管理方面,跨学科课程与学生原专业课程的学分转换缺乏统一标准,校际间跨学科课程学分互认机制不完善,影响学生参与跨学科学习和校企交流的积极性。

4.2 应对策略

4.2.1 优化资源配置

设备保障上,聚焦交叉实验核心需求,针对性购置生物质材料专用实验设备,同时联合周边高校、科研院所组建资源共享联盟,开放大型精密仪器设备的跨单位使用权限,通过错峰预约、共享共用的方式,弥补单一院校设备配置的不足。教学资源整合上,组建跨学科教学团队,系统梳理不同学科的核心知识,编写适配课程的跨学科教材和实验指导书;建立行业前沿资源动态更新机制,通过与企业合作、跟踪学术前沿等方式,及时将最新技术、案例纳入课程资源库,形成体系化、标准化的教学素材。深化校企合作,构建“协同育人”机制,邀请企业技术专家参与课程设计、教案编写和教学评价,共建实践教学基地,开设企业定制化实习项目,实现教学内容与产业需求、实践场景的深度融合。

4.2.2 强化师资建设

能力提升上,实施跨学科师资培养计划,通过选派教师参加跨学科学术会议、进修培训、联合科研项目等方式,拓宽教师的跨学科知识视野;定期开展校内跨学科教研活动,组织不同学科教师共同解析教学难点、设计教学案例,提升跨学科教学能力。组建跨学科教学团队,采用“多学科教师协作授课”模式,明确各学科教师的教学职责,发挥各自专业优势,形成教学合力。完善评价激励机制,调整科研与教学的评价权重,将跨学科课程建设成果、教学创新实践、科研成果转化教学等纳入评价指标;明确跨学科教学工作量的核算标准,对参与跨学科教学改革的教师给予专项奖励,激发教师的教学创新动力。

4.2.3 健全制度保障

管理机制上,设立专门的交叉课程建设管理办公室,由专人统筹协调教务处、学院、实验室、合作企业等各方资源,建立月度联动会议制度,简化设备申购、课程审批等流程,提高管理效率;出台交叉课程建设专项管理办法,明确课程设置、教学实施、质量监控等各环节的要求,确保课程建设规范推进。评价体系改革上,构建多元化师资评价体系,将跨学科教学能力、协同育人成效、学生培养质量等纳入核心评价指标,采用“教师自评、学生评价、

同行评议、企业评价”相结合的360度评价方式,全面客观评价教师教学业绩;完善校外师资参与教学的成果认定和激励机制,明确企业专家授课课时折算标准,保障其教学成果得到认可。学分管理上,制定跨学科课程学分转换实施细则,明确跨学科课程与原专业课程的学分转换标准;加强校际合作,与多所高校签订跨学科课程学分互认协议,统一课程考核标准和学分认定流程,保障学生跨学科学习和校际交流的学分有效性。

4.3 反思与展望

未来,应进一步深化产教融合,与企业共建课程内容更新机制,及时将产业前沿技术纳入课程体系;加强跨学科师资培训,通过学术交流、联合科研等形式提升教师的交叉教学能力;拓展国际合作渠道,引入国外先进教学资源 and 理念,推动课程建设向更高水平发展。相信通过持续探索与完善,“生物质先进功能材料”交叉课程将为新工科背景下跨学科人才培养提供更有力的支撑,为生物质材料产业的高质量发展注入新的活力。

参考文献:

[1] Graham,R.(2018).The global state of the art

in engineering education.Massachusetts Institute of Technology(MIT)Report.

[2] Acatech,National Academy of Science and Engineering.(2016).Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0:Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

[3] 李美琪,席鹏,王青松等.新工科背景下“生物荧光成像实验”课程建设[J].实验室研究与探索,2025,44(07):139-143.

[4] 刘杰,张超,罗洁.新工科背景下生物医学工程“多学科融合”人才培养体系的建设[J].高教学刊,2021,7(34):141-144.

[5] 陈桂芳.新工科背景下“化生食药”大工程领域人才培养模式探索与实践[J].广东化工,2021,48(20):322-323.

[6] 金字.新工科背景下农业工程类专业课程体系建设的思考[D].华中农业大学,2020.

作者简介:王毓(1990.08-),男,汉族,四川省汶川县人,博士,副研究员,研究方向:生物质转化与利用。