

“双一流”建设背景下基于“产学研用”思路的环境功能材料课程教学改革探讨

王娜娜*, 张高生, 李伙生, 肖唐付

广州大学环境科学与工程学院, 广州 510006

摘要: 在“双一流”建设背景下, 推进课程教学的“产学研用”深度融合是提升研究生培养质量以满足新时期高层次人才新需求的有效途径。本文在“产学研用”教学一体化背景下, 基于目前环境功能材料课程教学存在问题, 对“产学研用”一体化教学机制、教学内容和教学模式、教学手段以及教学评价体系等方面的课程教学建设进行改革探索, 以期提高该课程教学质量的同时, 强化对学生专业能力、科研能力和实践能力的培养, 并为推动培养全方位高质量人才与社会人才需求的有效衔接提供一定参考。

关键词: “双一流”建设; 环境功能材料; 产学研用; 教学改革

中图分类号: G64; O6

Discussion on the Teaching Reform of Environmental Functional Materials within the Context of “Double First-Class” Initiative: Emphasizing the Integration of Industry, Academia, Research, and Application

Nana Wang*, Gaosheng Zhang, Huosheng Li, Tangfu Xiao

School of Environmental Science and Technology, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China.

Abstract: In the context of the “Double First-Class” initiative, advancing the deep integration of industry, academia, research, and application in curriculum teaching is an effective strategy to enhance the quality of graduate education, thereby meeting the evolving demands for high-level talents in the new era. This paper explores the reform of curriculum teaching in the backdrop of this integrated educational approach, focusing on the environmental functional materials course. It addresses the challenges currently faced in the course’s instruction and proposes reforms in various aspects such as the integrated teaching mechanism, content, modes, methods, as well as evaluation systems. The objective of this teaching reform is to enhance the pedagogical efficacy of the “environmental functional materials” course while simultaneously strengthening the cultivation of students’ professional, scientific research, and practical abilities. This reform seeks to offer valuable insights for facilitating the effective alignment of comprehensive, high-quality talent training with social talent needs.

Key Words: “Double first-class” initiative; Environmental functional materials; Industry-academia-research-application integration; Teaching reform

收稿: 2023-12-04; 录用: 2024-01-04; 网络发表: 2024-01-26

*通讯作者, Email: nnwang@gzhu.edu.cn

基金资助: 广州大学“课程思政”建设项目(示范课程)(教务〔2021〕117号); 广州大学教育教学改革项目(教务〔2022〕41号); 广州市高等教育教学研究和改革项目(2022JXGG059); 广东省本科高校高等教育教学改革项目(粤教高函〔2023〕4号); 广东省研究生教育创新计划项目(2021JGXM085)

“国以才立、政以才治、业以才兴”，高层次创新型人才是建设教育强国、实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的核心力量^[1]。研究生作为高层次人才的重要组成，是推动我国实施创新驱动发展战略和加快创新型国家建设的重要支柱和核心资源。我国研究生教育发展路径已经从早期的规模扩张转向内涵发展的新阶段^[2]，并提出研究生培养应加强以质量为导向、以创新为动力、以深度国际化为方向，深化产教融合，全面提升我国高等教育人才综合实力的新要求，这也成为引领“双一流”建设向纵深发展的关键因素^[3,4]。“产学研用”是一种将生产、教学、科学研究及实践运用系统融合的工程，即以社会对人才需求为目标，通过把以理论教学为主的传统高校教育与以实践经验、实际能力为主的科研实践和社会生产有机结合，实现竞争力强的创新型高素质专业人才培养^[5,6]。“产学研用”合作教育针对的是人才培养方案全过程，为此，如何将“产学研用”一体化建设与具体的专业课程教学建设相结合，构建“产业+课程+科研+应用”融合的新教学模式，让专业课程建设映射社会需求的内涵，是研究生专业教学过程中需要解决的实际问题，也是贯彻落实高等教育创新人才培养模式改革的需要^[7]。

1 环境功能材料课程“产学研用”一体化建设的提出

环境功能材料是一门面向环境科学与工程专业研究生开设的专业选修课，课程涉及材料科学、环境科学、化学工程以及管理学等诸多领域的交叉，旨在通过向研究生讲述环境功能材料的设计基础、研究前沿与最新动态，结合对国内外材料设计与应用的案例分析，培养学生运用所学知识与实践能解决实际问题的能力，并让学生以客观的视角来观察和了解材料在研究、开发与应用等方面对人类生存环境的影响，使其能够把环境意识应用于日后的科研、生产和工作中。该课程是一门理论性和实践性都很强的交叉性应用学科，在教学过程中应注重专业基础理论的学习，同时还要注重工程实践能力的培养。目前该课程的教学现状主要表现为以下几点。首先，尽管课堂是以学生为中心，但教师对课堂的把控多集中于完成对知识的传授。这使得学生对知识的深入理解和综合运用缺少思考，其专业能力的培养尚不能完全达标。其次，教学内容偏重理论知识讲解，有关知识运用与社会实践的结合涉及较少，导致学生独立思考能力与实践创新能力的培养缺乏驱动力。再者，考核评价体系不够科学全面，忽略对学生的思维能力和创新意识等的考评，无法激励和引导学生有针对性的提升自己的综合能力。此外，经济发展所带来的环境问题不断显现，市场对高素质环境专业人才的需求与日俱增。广州大学长期践行“德才兼备、家国情怀、视野开阔，爱体育、懂艺术，能力发展性强”的24字人才培养目标，环境学科研究生培养方案亦明确要培养德智体美劳全面发展，富有的人文素养、创新精神和实践能力，具备扎实环境科学与技术理论基础，能够在环境保护和相关领域从事科研教育、工程设计、咨询和管理等工作，具有国际化视野的应用型环境专业人才。然而，环境功能材料课程现行的理论与实践联系不紧密的教学模式尚无法匹配当下市场对环境人才需求的目标，学生综合素质能力无法满足行业实践需求。要解决上述问题，环境功能材料课程有必要开展“产学研用”融合的教学改革，重新梳理教学目标、创新课程教学方法、优化教学内容以及完善考核评价体系，通过强化实践教学环节，探索如何多方位响应环境实际污染问题的解决方案，实现学以致用、用以促学，形成“产学研用”一体化格局，进而增强学生实践能力和创新能力，提高高校培养人才与社会需求人才的适配度，同时推动学科建设和学校转型升级。

2 “产学研用”一体化环境功能材料课程教学改革的思考与价值

产学研用融合是现代社会经济发展对高等教育提出的必然要求，也是高等教育培养具有实践能力和创新精神的高素质专业型人才的有效途径。科技的进步带来社会产业结构的调整和市场对人才需求的变化，为了迎合这种变化和 demand，高等教育的课程内容和教学内容的需进行变革，以增强理论教学和实践教学的融合。环境功能材料作为一门兼具理论性和实践性的交叉性学科，开展“产学研用”一体化课程教学改革有其独特的价值。首先，对学生而言，一方面，本门课程“产学研用”一

体化建设的开展能进一步突显学生的主体地位,提供更多思考空间让学生内化知识。同时,该教学模式能克服现行教学模式人才培养与社会需求脱节的弊端,通过加强实践教学,强化学生理解和巩固环境功能材料设计和应用的理论知识,使其知识结构和对知识的掌握在广度和深度上得以拓展,并从思想层面上将“学、研”和“用、产”结合起来,发展自身的创造性和实践能力,提高专业综合能力。另一方面,融合了实践教学的环境功能材料课程教学将引入大量现实面临的生态环境问题案例,可促进学生对社会和国情的深入认识,提升其践行绿水青山就是金山银山发展理念的专业使命感和责任感,激励其不断提高专业技能,达成人文素养和专业素质兼修,成为一名合格的环境人,进而积极投身“美丽中国建设”。还有一点不能忽视的是,在“产学研用”一体化教学模式下,学生的可关注点增多,教师能动态考评学生学习的全过程,强化学生学习成长中的增值性。这有助于建立科学的课程考核评价体系总结学生的学习成效。其次,对教师发展和课程建设而言,课程教学以企业/产业所面临的实际环境问题为切入点,教师可申请相关的科学研究项目展开研发以解决环境污染问题。这对教师拓宽知识储备、提高科研能力有重要意义,而教师科研业务水平的提高将进一步推动课程教学改革。此外,“产学研用”融合的课程教学将促进本门课程的更新与开发,提高课程的前瞻性和针对性。“产学研用”一体化课程建设还能将学科和专业的发展与市场需求关联起来,开拓了学科建设的新方向、专业影响提升的新途径。

3 环境功能材料课程“产学研用”一体化建设拟解决的问题

在“双一流”建设的新时代背景下,基于现有课程教学目标,重新制定产学研用合作教育目标,以期研究生养成“知识从实践中来,并应用到实践中去”的思维习惯。具体包括:1)掌握材料设计的基础理论知识,熟悉常见环保材料的设计参数、性能及应用注意事项等;2)悉知典型环境功能材料的量产与应用流程;3)具备针对具体环境问题而自行设计与应用相应的环境功能材料来解决问题的能力;4)培养根据解决问题的实践经验来进行环境功能材料优化研发与创新设计的技能;5)具备科学精神和从事环境科学研究的素养,树立职业责任感和正确的核心价值观。基于上述“知识传授+能力培养+素质提升”教学目标,结合课程特点和教学难点,“产学研用”合作模式下的环境功能材料课程教学改革尚需要解决以下问题:1)构建产业教学+课堂教学+科研教学+应用教学的“产学研用”一体化教学机制,内驱结合外驱推动高素质专业型人才培养;2)创新教学手段,丰富教学形式,强化学生的主体性,注重学生知识的理解能力和内化能力的培养;3)完善课程体系,将教学内容直观化、具象化,加强学生互动自主式学习,培养其思维创新和实践创新能力;4)优化考评体系,加强学生素质教育,关注学生过程性成长,推动具备人文素养和专业综合技能的高素质应用型人才的培养。对此,以学生为中心,教学团队进一步明确“产学研用”一体化环境功能材料课程教学改革建设思路(图1),以应用型专业技能为核心,优化考评机制,着重建设“学与研”结合、“研与用”结合、“课上与课下”结合以及“校内与校外”结合的教学模式。

4 “产学研用”一体化环境功能材料课程教学改革实践初探

4.1 优化教学内容与教学模式

在环境功能材料课程教学过程中“产学研用”理念贯穿始终。为了提高教学效果,教学团队对课程教学内容进行了优化,设计具有前沿性、研究性和实际应用性的主题化选题,以激发学生探索科学和服务实际生产的学习驱动力。教学内容的优化遵循以教材《环境功能材料》为框架、以人才培养目标为指引、以学生的研究方向为参考、结合地方经济发展及当下环境保护战略需求,将教学内容划分为四大主题,加强学生对自身相关研究方向的背景认识,进一步拓宽学生对环境相关功能材料的综合认知。每一个主题都进行“产学研用”一体化教学设计,涵盖理论教学模块(学)、科研教学模块(研)、应用教学模块(用)、产业教学模块(产),以加强学生对相关理论知识的理解和实际生产应用(表1)。课程建设过程中,以“三个面向”为指引,从社会生活出发,结合基础理论和产业实际

需求以及近年环境类专业就业趋势，设计教学方案，将每个主题教学内容聚焦在各专题最新科研成果和科研进展方面，引入世界科技发展前沿技术。同时，增设学生讨论环节，定期开展与课程相关的学术研讨或者报告会，并通过实际案例分析，弥补学生实践不足的缺憾，加强学生对理论知识与工程实践的相互验证、相互融合。此外，现代教育技术和互联网的发展，带来了教学手段的革新和在线课程的广泛应用。线上线下相结合的教学模式能同时发挥两者的既有优势，并弱化教学的空间和时间限制。借助辅助功能丰富的雨课堂，线上教学与线下课堂能有效交互，实现“产学研用”融合教学贯穿“课前-课中-课后”全过程，建立合理有效的一体化课程教学体系(图2)。

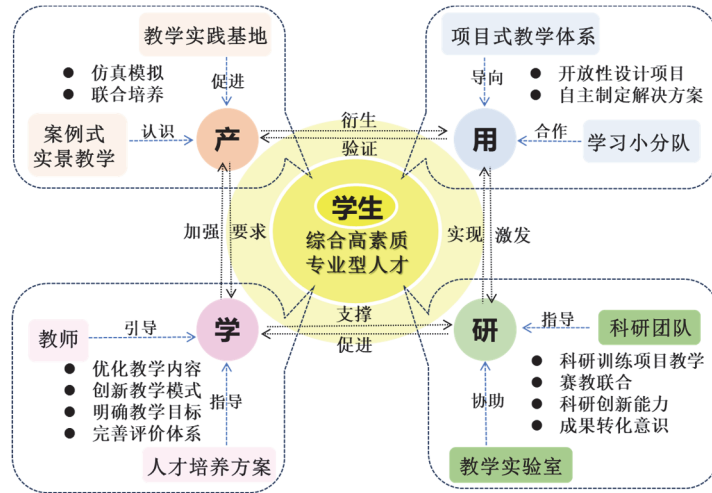


图1 环境功能材料课程“产学研用”一体化建设思路

表1 “产学研用”一体化视域下环境功能材料课程建设

教学内容	理论教学	科研教学	产业和应用教学	教学体系
专题一 吸附材料、混凝絮凝材料	吸附的基础理论、材料类型与表征、研究进展、应用及其发展前景	依托“挑战杯”类的科技竞赛、研究生基础创新项目、教师科研项目等，形成创新型思维模式，	项目1: 铁锰复合氧化物对大沙河砷污染的治理工程 项目2: 纳米零价铁在某铜业公司排放重金属废水处理中的应用	✓ 教学理念：教研并具、学生为本、教师引导 教学手段：1) 线上教学与线下课堂交互融合；2) 以学生为主体，开展小型课题研究会或小型报告会；
专题二 催化材料	催化原理、材料制备与表征、研究进展、应用与展望	借助各科研团队和实验室平台，以学促研，开展研产实践	案例1: TiO ₂ 光催化材料水解制氢 案例2: 光催化CO ₂ 转化缓解温室效应 案例3: 光催化灭菌消毒 案例4: 光催化净化室内空气	✓ 教学过程：以理论知识为基础，实际案例为支撑，再利用实验研究做补充
专题三 膜材料	膜和膜分离过程的特征和发展历史、膜的分类与制备、膜分离过程、膜的应用与展望		案例1: 某科技“膜”法实现高浓度有机废水零排 案例2: 某生活污水/制药废水膜处理工程案例分析	✓ 课程思政：以教书育人达成“德才兼备”；以生态文明要求达成“家国情怀”；以污染治理需求达成“业务精湛”
专题四 新型环境替代材料	绿色材料的特点及应用、不同环境材料协同耦合技术与应用		案例1: 绿色材料在生活中的应用 案例2: “石墨烯基”高性能环境功能材料体系减污降碳应用 案例3: 科技创新共同体协同创新典型实践案例	

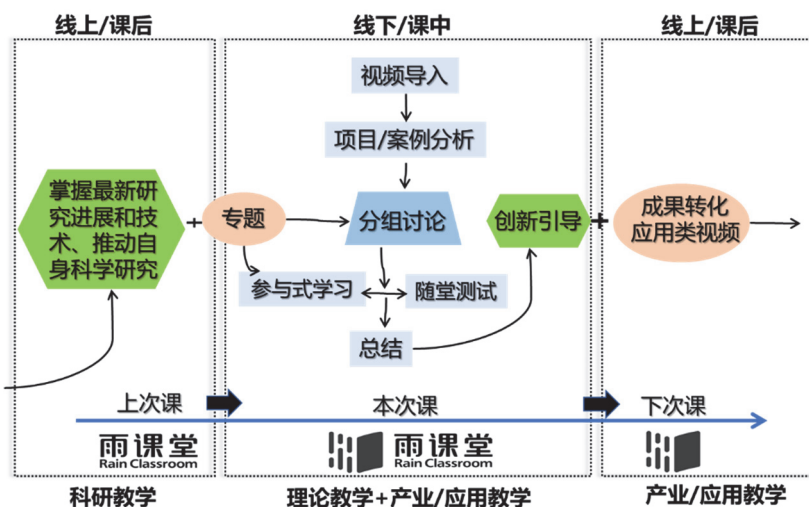


图2 “产研学用”环境功能材料课程一体化教学模式

整个教学过程以学生为中心，以理论知识为基础，以科研项目、科技竞赛为依托，以情景式案例为引导，依据行业对人才的需求，结合科研团队实验条件开展理论与实践教学，培养学生的创新能力和专业技能，同时通过介绍产业发展与成果，丰富教学内容，实现以解决问题为目的的应用型教学。其中，理论教学模块以基本理论知识为基础，融合研究前沿与最新动态，培养学生自主学习能力，拓宽其思维与认知。例如，在专题二环境催化材料的教学中，课上重点讲解催化剂的理论背景知识和设计研发思路，课后则安排学生利用HistCite Pro软件对催化材料在水解制氢、催化二氧化碳转化以缓解温室效应、催化灭菌以及净化室内空气这四个方面的应用研究进行文献统计分析，介绍关键文献主要研究成果，并对该领域环境功能材料的未来发展阐述个人观点，以此促进学生掌握最新研究进展，加强学生的创新思维和探索精神。科研教学模块强调教学内容与科技竞赛(如“挑战杯”)、科研训练项目(如教师科研项目、研究生基础创新项目等)内容的融合，实现科技竞赛、科研项目内容向课程内容的转化，通过资源整合，进一步优化教学内容，解决教学前沿性和创新性不足的问题，同时提高学生的实验技能和科研思维等综合素质。产业教学主要采取案例式教学，结合教学实践基地实习，通过现场/线上参观和实际案例分析等方式，有针对性地引入行业实际中有关的环境功能材料应用案例，以分组讨论的形式开展教学，通过讨论环节拓展和深化学生对案例所反映出的知识的理解，全面提升学生的分析能力、思考能力和解决问题的能力。例如，在讲解膜材料专题时，以中国中化杭州水处理技术研究开发中心有限公司的成长之路为例，介绍其具有自主知识产权的海水淡化技术和装备产品在国际海水淡化项目中的成功案例。同时，阐述应用膜技术，我国目前已在电力、石化、印染、造纸、煤化工等行业领域建立了一批大中型废水资源化和工业零排放示范工程，以此让学生认识国家级行业发展动态，为其自身未来的职业发展提供参考方向。应用教学则侧重于综合项目式教学，选择企业切实实施的环境功能材料修复环境污染问题的综合项目，以此展开课程项目式教学。在吸附材料、絮凝混凝材料专题，选取某化工厂不当排污导致河流砷污染严重的环境污染治理项目进行教学(图3)。教师先介绍项目基本情况，从理论上引导学生设计出初步治理方案后，再进一步介绍项目完整的治理实施过程(包括工程建设成本和运行成本)，随后让学生分组，根据已有和新学的知识与技术，从经济性、高效性、安全性以及可持续发展性等方面进行污染治理方案的优化制定，与现有的运行方案进行对比，在课堂上讨论展示。通过该项目教学，可以让学生构建材料学、环境学、化学、工程学以及管理学等不同领域知识网，强化理论和实际的融合，进一步提高学生解决实际问题的能力，学会用发展的眼光看待问题，培养其团队协作、尊重科学的人文素养。



4.2 建立“产学研用”的多样化教学手段

有针对性的教学手段对于构建“产学研用”一体化课程建设具有正向推动作用。教学活动以行业需求和学生的研究方向为导向，形成若干教学专题，强调交互式教学的教学形式。每个专题内容讲解时，选择性采用领域历史背景→基础理论→前沿技术解读→交流探讨→项目式或案例式教学的渐进式教学手段。每个专题根据授课需求设置时长不等的小组讨论，协助学生实现理论知识的内化与对运用知识解决实际问题的认知。在具体的模块化教学过程中，产业教学方面采用案例式教学，即在课堂上有针对性地提出目前企业/产业发展遇到的瓶颈问题实例，引导学生课后查阅背景资料，形成以小组为单位的解决方案，提高学生团队协作和分析解决问题的能力。科研教学则基于学生在教师科研项目中的参与，鼓励学生作为项目相关活动的主要实施者进一步参加有关的学科竞赛和研究生基础创新项目，通过技术路线和实验方案的设计、实验过程的实施及实验结果的分析与总结，促进科教融合，提高学生解决问题的综合素质。应用教学除了开展项目式教学外，尝试增加相关的实践课时，创造学生去教学实践基地等企业单位锻炼实习的机会，提高学生生产实践技能，缩小自身能力与市场的不匹配度。

4.3 科学化“产学研用”一体化环境功能材料课程教学考核体系

环境功能材料是一门理论与实践同等重要的课程，在课程教学过程中应侧重培养学生对知识的理解与运用能力及其独立思考与解决问题的能力。合理评价课程教学效果和对能力的培养需要注重评价体系的多维度和高精度建设，即达成结果评价、过程评价、增值评价以及综合评价这四种

教学评价和科学性、专业性、客观性这三个评价高精度要求。教师要重视过程性考核的比重,根据大数据精准的数据记录和分析,掌握学生理论学习和分析解决问题的动态全过程,从课中课后多个方面客观地评价学生的学习成效,完成结果评价并实现评价主体和过程的多维化,以便充分体现知识、能力和素质的有机融合。“双一流”背景下,从学科建设发展角度出发,“产学研用”一体化课程考核除了理论知识考核,应侧重对学生综合能力的评价,比如重点关注凸显研究生主体地位的教学科研活动,根据学生所取得的竞赛项目奖项、研究生基础创新项目理想情况和所发表论文、专利等情况进行量化评价。学生在产业实践案例分析与汇报和项目方案设计与工程实施方面的表现,也应作为考评的重要指标。还要注意教学活动过程中教师的“教”和学生的“学”在某阶段所表现出来的努力程度、发展量化和进步幅度的增值评价。因此,教学团队建立了量化的考评体系,将具体评价指标赋予一定分值,以明确统计综合成绩。其中,达成结果为主要评价内容,包括书面考核成绩、科研成绩和小组汇报成绩,占60%;过程评价关注学生教学过程中各阶段的表现,占20%;增值评价主要是通过同行、导师交流了解学生在不同阶段表现出的进步幅度和能力发展增量,占10%;而综合评价则是评价学生人文素养和专业素质,占10%。具体的考评体系如图4所示。

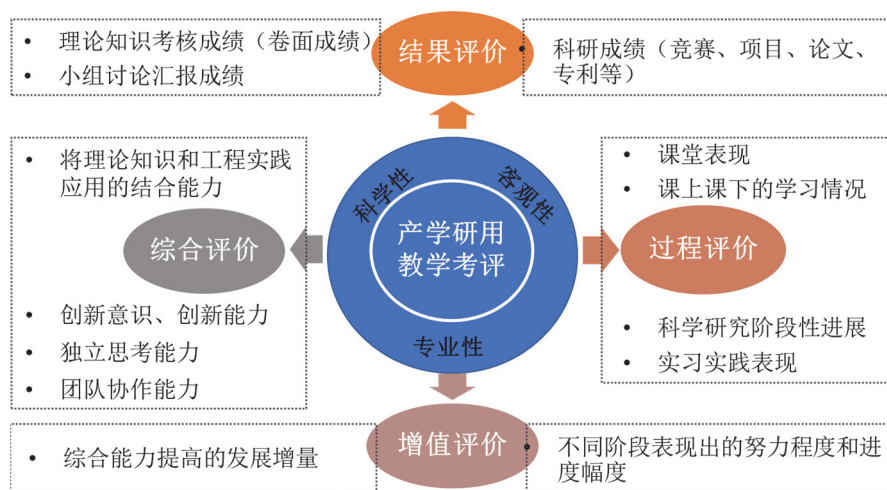


图4 “产学研用”环境功能材料课程一体化教学模式下的考核评价体系

5 结语

环境功能材料课程教学改革实践旨在使环境功能材料的课程设置转向实际应用和解决环境污染治理问题。本次课程教学改革以综合能力提升为导向,融合产业、教学、科研、实践应用于一体,设计主题化的教学内容,将教学形式模块化,采用分组协作式学习、项目式/案例式课程教学,注重评价的多维度和高精度建设,使学生在构建环境功能材料基本理论、设计和应用等知识体系的同时,提升了环境专业技术人才综合能力素养。82.17%的学生表明本课程“产学研用”的教学模式与传统的教学模式相比教学成效有了很大的提高,且该教学模式对其学习能力和职业发展有帮助(70.87%的学生观点),故而其认为专业课程有必要采用“产学研用”一体化教学模式(69.57%的学生观点)。课程教学采取“产学研用”一体化改革,面向社会需求,将理论和实践相结合,充分展现了基础性、综合性、实践性及创新性等特点,调动了学生的学习热情,教学质量明显提升。但目前本课程的“产学研用”一体化教学建设还需进一步完善,尤其是对学生将理论知识融入工程实践能力的培养。未来课程建设将继续更新课程内容以涵盖最新技术和发展趋势,评估教学效果以优化学生成长的外部激励和内生动力,建立产学研用合作项目和平台以提供综合实践机会,以此推动具备良好专业素养和综合实践能力的高素质专业型人才的培养。

参 考 文 献

- [1] 杨亚辉. 中国高等教育, **2019**, No. 6, 16.
- [2] 汤秋丽. 现代教育科学, **2022**, No. 1, 138.
- [3] 何秀超. 中国高等教育, **2019**, No. 12, 28.
- [4] 教育部 财政部 国家发展改革委关于印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》的通知. [2023-11-10].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_843/201701/t20170125_295701.html
- [5] 许应楠, 陈福明. 中国职业技术教育, **2017**, No. 4, 43.
- [6] 尤祖明, 迟强, 潘明财, 谢续磊. 南京理工大学学报(社会科学版), **2012**, 25 (4), 108.
- [7] 孙莹丽, 孔繁利. 中国高校科技, **2018**, No. 6, 95.