

校企联动引领“产品工程学”课程创新实践

李慧玉*, 刘建军, 刘洪涛, 舒心, 陈星全, 赵洁, 冯拥军*

北京化工大学化学学院, 北京 100029

摘要: 对传统课堂教育模式中面临的主要问题进行分析, 指出“校企联动”教育改革的必要性。以北京化工大学“产品工程学”课程为案例, 邀请企业专家加盟, 构建校企联动授课新模式, 并从课程设计、教学团队组建和课程教学三方面介绍课程内涵。这种创新教学模式将有助于提高学生综合能力, 提升教育教学质量, 提升企业创新能力。

关键词: 高等教育; 教育改革; 校企联动; 化工教育; 教育实践

中图分类号: G64; O6

School Enterprise Collaboration Driving Innovation in the “Product Engineering” Course

Huiyu Li*, Jianjun Liu, Hongtao Liu, Xin Shu, Xingquan Chen, Jie Zhao, Yongjun Feng*

College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China.

Abstract: This article analyzes key challenges in the traditional educational approach and underscores the need for reform through school-enterprise collaboration. Using the “Product Engineering” course at Beijing University of Chemical Technology as a case study, this new teaching model involves inviting industry experts to co-develop and deliver the course. The paper introduces the course’s structure from three perspectives: curriculum design, teacher team development, and curriculum implementation. This innovative education model enhances students’ comprehensive skills, improves educational quality, and boosts corporate innovation capacity.

Key Words: Higher education; Education reform; School-enterprise collaboration; Chemical engineering education; Educational practice

高等化工院校旨在培养具备科技视野和化工创新能力的人才。《国家中长期教育改革与发展规划纲要(2010–2020年)》指出, 高等教育要重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模, 地方高校应以地方需求为主, 服务地方经济建设, 以培养应用型人才为主要目标^[1]。2017年, 国务院办公厅发布《关于深化产教融合的若干意见》指出“促进企业需求融入人才培养环节”^[2]。同年10月, 习近平同志在党的十九大报告中指出, “优先发展教育事业, 完善职业教育和培训体系, 深化产教融合、校企合作”^[3]。随着教育理念的不断更新, 各个领域的高等教育都在积极探索新的教育模式^[4]。教学改革旨在引入新的教学理念和方法, 以提高教师的教学水平, 提升教育教学品质, 对于培养高素质实践创新人才、满足社会需求等方面具有重要性和必要性^[5]。2011年, 深圳职业技术学院尝试建立学校、企业、课程专家和政府的校企合作课程开发互动模式, 与国际著名信息技术企业Oracle公司共建“Oracle数据库系统管理”国家精品课程, 培养学生成为合格的Oracle数据库管理人员^[6]。2022年,

收稿: 2024-03-23; 录用: 2024-07-04; 网络发表: 2024-09-26

*通讯作者, Emails: huiyuli@buct.edu.cn (李慧玉); yjfeng@buct.mail.edu.cn (冯拥军)

基金资助: 北京化工大学研究生课程及教材建设项目(G-XQ202204)

郑州师范学院地理与旅游学院引入校外导师开设“SuperMap”软件教学课程，激发了学生的学习热情^[7]。上述研究对校企合作教学的现实意义给予了充分的肯定，并将其应用于文史类本科生和高职院校的课程教学中。

化工类高等院校主要致力于为化工行业培养专业科研人才，更加重视化工学科专业知识与科学实践能力的整合。然而，随着科学技术的飞速发展，化学工业的技术标准也在持续提升，现有的传统化工知识已经不能满足现代化工业的发展需求。在“新工科”国家战略的大背景下，传统的课堂教育模式正面临着理论与实践不匹配、就业竞争力不足、教师缺乏实践经验等一系列问题，亟需进行教育内容与模式的更新^[8]。尽管校企联动教学模式有望解决传统教育体系中存在的诸多问题，但在国内外范围内，尚未对这种教育模式在化工专业高等教育中的实际应用和效果进行深入研究。为培养适应现代化工业发展的专业人才，北京化工大学化学学院联合中国石油化工集团有限公司(中石化)催化剂工程技术研究院建立“产品工程学”校企联动课程，并深入探讨了这种合作教学模式在化工类高等院校教育教学中的具体执行策略和实施意义。

1 “产品工程学”校企联动课程精髓

科技迅速进步和工业快速转型的大背景对高质量产品工程技术人才提出了更高的要求。为更有效地满足社会需求，北京化工大学化学学院与中石化催化剂工程技术研究院联合开发了“产品工程学”课程，并在教学内容和教学方法上进行了持续的创新。如图1所示，“产品工程学”校企联动课程以“深度洞察客户需求，融汇产业智慧”为课程核心理念，构建了模型产品研发全流程设计、领域特色教学团队组建，以及企业专家加盟的“三位一体”课程体系，从而实现了“思政育人，专创结合，交叉培养，资源托举”的“四个覆盖”科学教育框架。

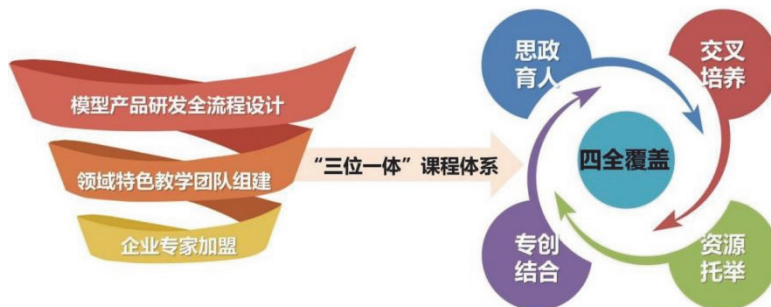


图1 产品工程学“三位一体”创新课程体系服务“四全覆盖”科学育人教育架构示意图

2 “产品工程学”校企联动课程建设

“产品工程学”课程是化学工程理论与技术的拓展，体现了以产品为核心的化工学科的基本内涵，图2展示了该课程建设示意图。

2.1 产品研发全流程课程设计

“产品工程学”校企联动课程立足于国家重大战略需求，旨在培养现代工业发展需要的专业化工人才。该课程以“产品导向”为核心教学理念，紧密结合材料与化工学科领域以及企业发展之间的密切关系，选择“超分子层状结构材料、氧化铝基催化剂载体材料、分子筛催化材料、二氧化钛光催化材料、红外光热转化材料”五大材料体系作为研究对象，研究内容覆盖“无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、应用化学、化学工程与技术、材料科学与工程、环境科学与工程”八大学科方向的专业基础知识、科研案例、前沿技术和实践经验(图2)。课程基于化工产品的构效关系，通过学习微观建模、仿真分析、分子设计等科学研究方法，培养学生在遵循环保、安全和经济的基础上，

以市场需求为出发点,运用化学工程及系统科学的方法实现研究对象由分子级到工艺级的跨越,研发生产出符合市场需求的新型产品。

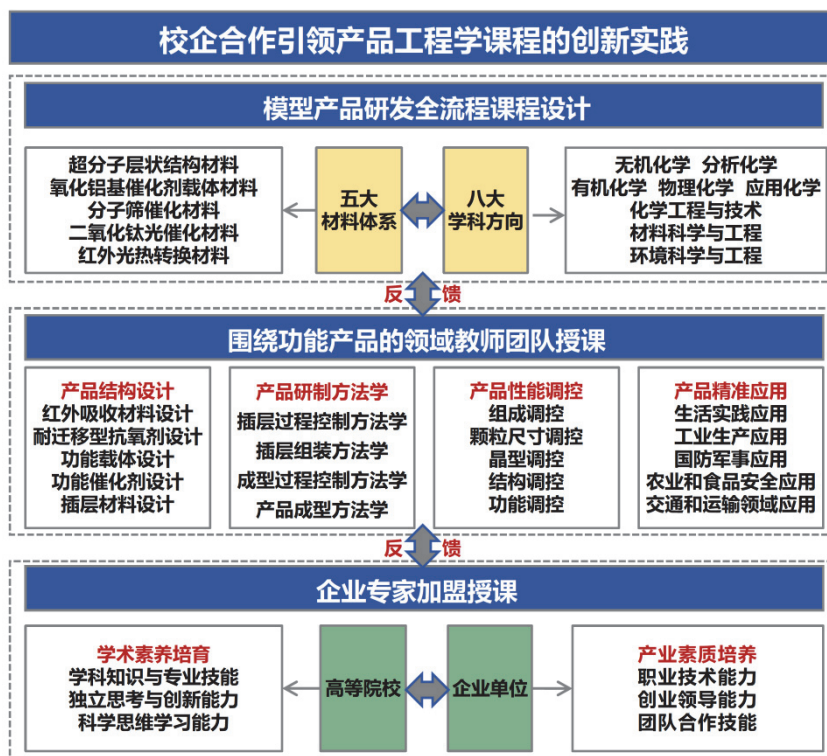


图2 “产品工程学”校企联动课程建设示意图

2.2 领域教师与企业专家加盟的授课团队组建

“产品工程学”课程注重理论知识与实践应用的结合,与传统的书本式教学存在显著差异,为授课团队带来了前所未有的挑战。为了针对性地解决上述难题,北京化工大学首次开展“校企联动”教学模式,有针对性地组建领域专业教师联合企业专家的授课团队,开展教学研究。

其中,高等院校发挥其学术资源雄厚的优势,组建领域专业教师团队为学生提供系统而深入的学科知识教育和学术引导,旨在培养学生的专业知识技能,训练学生的科学思维 and 创新能力。领域专业教师全部成员均获知名高校或科研机构的博士学位,专业涵盖化学、物理、材料和化工等优势专业,学科之间存在很强互补性。教师团队将多年的科研成果融入到课程教学中,让学生可以提前感受和体验到各个领域的前沿科技和知识。同时,企业发挥其实践经验广泛和产品需求精准的优势,借助企业专家加盟授课为同学们更为直观地提供产业界的研究现状与发展趋势。中石化是国家化工领域的龙头企业,也是北京化工大学的重要战略合作伙伴,其催化剂公司工程研究院与北京化工大学保持长期科研合作关系。通过企业专家参与授课和企业专家面对面交流的学习模式,将企业的实际案例融入到课堂教学,学生得以近距离了解行业动态,学习并掌握从实际出发运用专业学术知识解决产品需求的实践能力。在此过程中,学生能够对国家相关领域的现状和存在的问题有所认识并产生思考。不仅可以看到国内化工行业的迅速发展,增强学生的自信心;同时也能够意识到,中国的化工行业仍然存在相当大的发展空间和技术产业短板,迫切需要有所突破;从而提高学生的担当意识和责任感。

领域教师与企业专家加盟的授课团队设计并开展四个特色板块的教学,分别研究“红外吸收材料、耐迁移型抗氧化剂、功能载体、功能催化剂、插层材料”相关的产品结构,“插层过程控制、

插层组装、成型过程控制、产品成型”在内的产品研制方法学，“产品组成、颗粒尺寸、晶型、结构、功能”等产品性能调控，以及“生活实践、工业生产、国防军事、农业和食品安全、交通和运输”等领域的产品精准应用，注重学生“学科知识与专业技能、独立思考与创新能力、学科思维学习能力”在内的学术素养培养和“职业技术能力、创业领导能力及团队合作技能”等产业素质培养。这种领域教师与企业专家加盟的授课团队组建将校内教育资源与企业实际工作相结合，为理论与实践架起桥梁，为高等教育注入新活力，提高了学生的学习兴趣，有望增强学生综合竞争能力，拓展学生未来发展思路(图2)。

2.3 师生共建创新教学课堂

在教学过程中，“产品工程学”课程采取师生共同参与和反馈的方式来开展课堂实践研究，并通过提出实践问题、设计生产方案和实际应用检验三个环节来进行课程学习。领域教师和企业专家以产品为导向，提出待解决的材料和技术难题，引出相应的理论与实践问题；以解决模型产品面临的材料和技术难题为目标，领域教师和企业专家引领学生共同学习相关理论知识和实践运用技术；在此基础上，学生与教师共同制定产品研究目标和计划，根据个人的兴趣和选择研究课题，组建研究小组，在教师的指导下进行系统研究并进行展示。在学习和研究的全过程中，教师不仅扮演讲授者的角色，同时充当着引导者和指导者的双重职责，帮助学生解决问题和探索知识。每位学生都有机会参与到教学和展示的活动中，通过实际操作和团队合作，培养自身解决问题和创新思维能力。这一教学方法不仅能激发学生的学习兴趣 and 积极性，还能培养学生的团队协作和创新能力，进一步促进师生之间的相互交流和共同成长，从而实现专业知识、科研工作和产业发展之间的紧密结合。在“产品工程学”课程建设过程中，教学团队每年四次组织课程研讨会议，密切关注产业发展动态和产品应用需求，及时将新理论、新技术和前沿产业发展趋势融入课程教学，并根据学生反馈调整教学内容与节奏。通过学习“产品工程学”校企联动课程，学生将掌握如何开展科学研究，学习解决问题的策略、掌握产业应用的技能，并感受到科研解决实际问题带来的成就感。

3 “产品工程学”校企联动课程解决问题智慧与路径

3.1 解决课堂教育与实践脱节难题

传统的课堂教学模式主要依靠任课教师对教科书的讲解，这导致了授课内容过于理论化，缺乏实际案例与应用场景，以及过分强调考试需求等问题。在传统的教育模式中，学生往往过于专注于知识的记忆和死记硬背，这导致学习内容与实践应用之间严重脱节。因此，学生难以将教科书上的知识与实际应用结合起来，难以深入理解和应用所学知识，往往以考试为最终目标，而忽视了知识的实际价值。为解决传统课堂教学中的理论与实践脱节问题，“产品工程学”校企联动课程从企业和客户的需要出发，依托北京化工大学化学学院材料与化学学科建设需求，将丰富的研究案例融入到教学大纲中，将课程内容和实际问题紧密结合，使学生能够更好地掌握专业知识并实现其在化工领域的实际运用。此外，“产品工程学”课程还邀请了领域相关企业的高工级专家学者，与领域专业教师组建教学团队，共同参加课程研讨和教学。教学团队以产品工程学科的前沿产品为研究案例开展教学，覆盖了五大材料体系和八大学科领域，将专业知识、化工产品需求、行业动态、产品研发与优化策略、工程化思想和应用拓展思路等多个方面的技能融入课程教学，有针对性地训练学生理论与实践相结合的能力，并通过小组展示方式考查教学成果，有效地解决了传统课堂教学中所存在的理论与实践脱节的问题。

3.2 解决毕业生就业竞争力不足难题

创新是第一生产力，而在当前的全球背景下，最大的竞争焦点是创新型人才的争夺。传统的教学方法往往侧重于传授理论知识，而忽视了与实际相关的课程内容。这种教学模式忽视了对学生综合能力的培养，如果不能及时调整课程内容和教学方法，学生所掌握的知识无法满足就业市场不断变化的新需求，从而影响毕业生的职业竞争力。为解决上述问题，“产品工程学”教学团队在课程

设置阶段对行业需求进行深入调研，目的是了解当前市场对人才的需求以及未来的发展方向。基于调研基础，教学团队精心设计教学大纲，将材料设计、化学工程和产品工程等相关领域的专业知识整合并通过真实的科研案例和工程实例，使课程更贴近实际应用，帮助学生在解决实际问题的同时，更好地掌握产品工程的相关知识。教学团队由领域专业教师和企业专家组建，可以帮助学生在深入理解行业需要、满足市场需求的同时，构建全面的知识体系，增强学生的综合能力，从而解决毕业生在就业市场上竞争力不足的问题。领域专业教师团队与企业保持长期而密切的产业合作伙伴关系，擅长为企业在产品和研发方面遇到的难点问题提供创新性的解决策略。“产品工程学”教学团队在领域专业教师团队的基础上邀请龙头企业中的高工级专家学者加盟。企业专家长期驻扎在公司的研究与开发前沿，对企业的实际应用需求和发展轨迹有深入的了解，能够为学生带来关于工业化的见解和生动的实例。这种教育模式不仅提高了学生的团队合作、交流和创新能力，还增强了他们的综合素质和就业竞争力，为他们提供更广阔的就业机会。

3.3 解决教师实践经验不足难题

传统教育体系主要集中在理论知识的传授上，缺少与当代社会需求相匹配的实证性教材。同时，课堂教学通常更多地侧重于课本内容的讲解和考试导向的教育，导致教师在实践教学方面的经验明显不足。“产品工程学”校企联动课程，根据其独特的课程特征，邀请了与北京化工大学深度合作的企业专家共同参与课程建设。课程围绕五大材料体系设计了一套以“产品工程”为内涵的课程，并从产业需求出发，进行课程的构建和教学。这种企业专家参与教学的模式，不仅能让学生对实际应用有更深刻的认识，还能让教师及时掌握行业的最新动向和实践经验。通过课程反馈，将有助于教师更好地掌握产品工程实际需要和科技发展趋势，提升自身实践经验和教学能力，推动产学研融合。通过开设校企联动课程，可以促进教师和企业专家间的沟通交流，同时也为高等院校与企业之间的合作提供机会。在课程的实施过程中，教师会定期前往企业进行学术交流，以及时地掌握行业的最新科技和发展动向，确保教学内容能满足实际需求，提高教师的实践经验，解决传统教学模式下教师实践经验不足的问题。

4 “产品工程学”校企联动课程前瞻性创新

针对我国化工类高等院校面临的“课堂教育与实践脱节”“毕业生竞争力不足”“教师缺乏实践经验”等问题，“产品工程学”校企联动课程紧密结合学校教育、学生就业和企业需求，构建“校企双师”的创新教学模式，为学校与企业之间搭建了一座桥梁，实现了“产学研”的有机融合，推动了知识和实践的紧密结合，该校企联动课程呈现新的发展态势。

4.1 专业细化提高教育教学质量

“产品工程学”课程是为材料与化工专业的本专科生和研究生设计的专业课程，旨在培养高水平实用型专业技术人才。因此，“产品工程学”校企联动课程有针对性优化和升级课程大纲，覆盖专业必备的专业知识、计算仿真、材料制备、表征测试、产品加工以及性能评估等专业技能，细化课程内容，目的是提升学生的科研能力、工程项目能力、生产制造能力，全面提升教育教学质量。

4.2 联动课程深化校企合作

“产品工程学”校企联动课程强调专业知识与实践教育的融合，以高校与企业之间的合作为教育平台，以大学教师和企业专家之间的知识交流为基础。从学校教育的角度出发，校企联动教学有助于将行业最新趋势和实践经验融入课堂教学，为学生提供更为丰富的学习资源，促进专业知识与实践经验的有机结合，实现学生专业技能和实践经验的同步提升，从而全面提高高校毕业生的综合素质。从企业招聘的视角出发，校企联动教学将理论和实践紧密结合，企业为学校提供实际问题与案例分析，有助于学生针对性地提升自身综合技能与工程思维，从而更好地满足企业的人才需求。此外，校企联动教学模式为高等院校和企业创造了新的合作契机，在课程实施过程中，有助于建立校企双方互信机制，形成长期、稳定、深入的合作关系。

4.3 校企联动推动创新和研发

高等院校拥有深厚的学科背景、扎实的学科基础、丰富的科研资源和宽松的学术氛围，为创新和研发提供了不可或缺的支撑，一直是创新和研发的核心力量。随着国家对科技创新与经济增长需求的不断深化，企业逐步融入创新研发队伍，并显示出加快技术创新、提升技术水平的态势。校企联动课程的设计和实施为产学研整合提供平台，有助于促进不同领域之间的知识分享，整合高校和企业的资源，为高校科研提供迅速的市场反馈，使科研更加贴近市场需求，激发各领域的交叉创新，协同推动科技进步和产业发展。

5 “产品工程学”校企联动课程成效

“产品工程学”课程于2011年开设，主要面向材料与化工等相关专业的本科生和研究生。2011年至2018年，课程逐渐完善了以吸附、催化和光热转换等功能材料为核心的课程内容，覆盖了化学工程领域的核心学科知识。2018年9月，课程负责人冯拥军老师创新性地将校企合作的教学理念融入到“产品工程学”校企联动课程中，邀请中石化高工级专家学者参与教学，与领域专业教师共同组建教学团队，从而构建了创新的校企联动教育新模式。

“校企联动”授课模式实施至今，经过4余年的办学实践，取得了较好的教学成果和发展势头。教学团队在“产品工程学”的授课过程中，将基础科研工作、行业前沿动态、企业实践经验、产业发展趋势、技术应用要点及市场产品需求融入到课程教学中。这种创新的校企联动教学模式不拘泥于课本，赢得了学生们的高度认可，纷纷建议邀请更多的企业专家参与课程的建设与教学，以展示不同类型企业在产品设计和市场需求的相似性和差异性。根据学校教务部门的数据分析，自课程开设以来，学生对课程的满意度一直维持在一个非常高的水平。评分系统显示，课程的教学评分一直超过93.73分，甚至接近或达到100.00分，这充分体现了学生对校企联动授课模式的广泛接受和喜爱(图3A)。在此基础上，为进一步完善课程设计，选取2021届和2022届“产品工程学”行政班毕业硕士研究生为研究对象，对课程的教学成果进行深入探讨。从图3B可以观察到，有10%的学生留在高等院校继续深造，10%的学生进入私营企 业工作，其余80%的学生则就职于国有企业。尽管学生们的工作单位各不相同，但他们都100%选择继续为我国化工行业的发展贡献力量。通过对受访学生的工作岗位进行详细的统计分析，如图3C所示，有10%的同学选择攻读博士学位，10%的同学从事技术开发工作，30%的同学从事工艺设计，其余50%的学生则选择投身于研发领域。数据分析表明，“产品工程学”校企联动课程显著提高了学生的知识和综合技能，课程思政内容增强了学生为国家做贡献的决心，促使学生纷纷选择加入化工领域，并在工艺开发及科学研究的道路上持续努力。

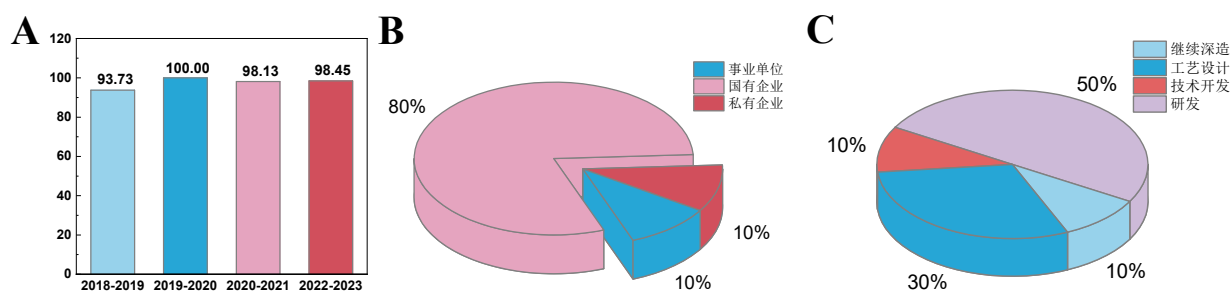


图3 (A) 2018–2022学年“产品工程学”校企联动课程的学生评价得分；
2021届和2022届“产品工程学”行政班毕业硕士研究生就业单位(B)及岗位分析(C)

6 结语

综上所述，为契合材料与化工等相关专业的教育和培养目标，北京化工大学将基础科研工作与国家实际需求相结合，融入五大材料体系，八大学科方向，开设了“产品工程学”校企联动课程。

整合高校及企业资源，创新性地邀请企业专家加盟，与领域专业教师共同组建教学团队，为学生综合发展搭建了一个全方位的教育平台。这种校企联合的创新教育模式解决了传统课堂教学与实践脱节、毕业生就业竞争力不足、教师实践经验匮乏的问题，同时培养了学生的团队协作、创新和实践能力，为他们顺利融入社会、迎接未来挑战奠定坚实基础。“产品工程学”校企联动课程是一种具备前瞻创新性的新型教学模式，其注重理论和实际的融合，促进了学校与企业之间的紧密合作。校企联动教学模式的实施，有助于学生的个人成长和职业发展，可以进一步深化校企合作，从而推动社会和经济的持续健康发展。这种教育模式在我国的推广和应用，将对提高教育质量、促进行业进步产生积极影响。

参 考 文 献

- [1] 新华社. 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010–2020年). [2024-09-23]. http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content_1667143.htm
- [2] 新华社. 国务院办公厅印发《关于深化产教融合的若干意见》. [2024-09-23]. https://www.gov.cn/xinwen/2017-12/19/content_5248592.htm
- [3] 习近平. 在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告. [2024-09-23]. https://www.ccps.gov.cn/xsxxk/zyls/201812/t20181216_125667.shtml
- [4] 杨屹, 苏萍, 宋佳一, 张春婷, 张瑶. *大学化学*, **2020**, 35 (5), 104.
- [5] 于畅, 周媛. *中国创意设计年鉴-2020–2021论文集*, **2022**, 463.
- [6] 刘合群, 陈小龙. *职业技术教育*, **2011**, 32 (7), 32.
- [7] 刘洋洋. *大学教育*, **2022**, No. 7, 124.
- [8] 沈月千, 高鹏. *测绘与空间地理信息*, **2022**, 45 (10), 12.