

## “产教融合、校企合作、多位一体”的应用化学专业实践教学体系构建

龚成斌<sup>1,\*</sup>, 张国娜<sup>2</sup>, 唐倩<sup>1</sup>, 雷洪<sup>1</sup>, 孔玲<sup>1</sup>, 任文山<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 西南大学化学化工学院, 重庆 400715

<sup>2</sup> 西南大学实验室建设与设备管理处, 重庆 400715

**摘要:** “产教融合, 校企合作”是高校培养新时代所需人才的重要途径之一, 牵引着人才培养的发展方向。为顺应时代对人才的需求, 并结合我院应用化学专业人才培养目标, 本文针对我院应用化学专业提出构建“产教融合、校企合作、多位一体、虚实结合”的创新人才培养实践教学体系。以培养学生的实践创新能力为核心, 通过搭建校企合作实践教学平台, 设置“基础实验-综合训练-创新设计”三个层次的实验, 推进多位一体、虚实结合的实践教学模式, 对学生实行个性化培养, 使培养的人才与社会需求相适应, 并服务于经济社会的发展。

**关键词:** 产教融合; 校企合作; 虚实结合; 实践教学

中图分类号: G64; O5

## Development of a Practical Teaching System for the Applied Chemistry Major Emphasizing “Industry-Education Integration, University-Enterprise Cooperation, and Multi-Dimensional Combination”

Chengbin Gong<sup>1,\*</sup>, Guona Zhang<sup>2</sup>, Qian Tang<sup>1</sup>, Hong Lei<sup>1</sup>, Ling Kong<sup>1</sup>, Wenshan Ren<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China.

<sup>2</sup> Laboratory Construction and Equipment Management Department, Southwest University, Chongqing 400715, China.

**Abstract:** The concept of “Industry-Education Integration, University-Enterprise Cooperation” represents a pivotal approach in contemporary higher education for nurturing talents suited to the demands of the new era, thereby guiding the trajectory of talent development. In response to the evolving societal needs for skilled professionals, and in line with the talent cultivation objectives of our Applied Chemistry, this paper proposes an innovative educational framework. The suggested model, characterized by “Industry-Education Integration, University-Enterprise Cooperation, Multi-Dimensional Combination and Theory-Practice Blend”, aims to foster students’ practical and innovative capabilities. Central to this approach is the establishment of a collaborative educational platform between universities and enterprises, encompassing a three-tiered experimental structure: “Basic Experiment-Comprehensive Training-Innovative Design”. This framework advocates a multifaced and blended learning methodology, offering personalized student development to align graduates with social needs and contribute to economic and social advancement.

**Key Words:** Industry-education integration; University-enterprise cooperation; Theory-practice blend; Practical teaching

收稿: 2023-09-28; 录用: 2024-01-25; 网络发表: 2024-02-23

\*通讯作者, Email: gongcbtq@swu.edu.cn

基金资助: 重庆市高等教育教学改革研究项目(222048); 教育部产学研合作协同育人项目(202002060062, 220605940130726); 西南大学实验技术研究项目(SYJ2024009)

人才是国家创新发展的动力，经济建设发展离不开创新人才的驱动，当前高校培养的人才类型与用人单位的需求不相匹配，导致用人单位很难从高校招聘到适应相应岗位的人才，高校毕业生就业困难的尴尬的状况<sup>[1]</sup>。为了落实国务院关于“深化高等学校创新创业教育改革”（国办发〔2015〕36号）和“深化产教融合”（国办发〔2017〕95号）的精神，教育部高教司从2017年开始，鼓励有关企业支持高校共同开展产学研合作协同育人项目，从政策引导方面促进教育链、人才与产业链、创新链的有机结合，以产业和技术发展的人才需求来促进新形势下高校人才培养改革。“加强校企合作，深化产教融合”是加快高等本科教育体系建设和发展的重要途径，不仅是高等教育的本质回归，也是普通本科高校培养创新性人才的有效途径<sup>[2]</sup>。高校的教学方法体现先进性与互动性，着力实现现代信息技术与教学深度融合，以“学生”为中心，引导学生进行创新、探究式的个性化培养，创新创业人才培养探索成为本科教育改革的研究方向<sup>[3,4]</sup>。

当前大学教育对学生的培养比较注重传授专业知识，理论知识培养大都放在第一位，对学生实践技能和创新能力的培养稍有不足<sup>[5]</sup>，而这些能力恰恰是新时代人才必备的素质。尤其以实验和应用为基础的应用化学专业，学生在学好理论知识的同时，还需要具备较强的实践能力和创新能力，才能满足相关用人单位的需求。当前某些高校的学生使用科研和教学方面的仪器设备的机会较少，仪器分析方面的课程也以讲授仪器原理和简单的操作为主，实验课以验证性的基础实验和流程性操作实验为主，对学生进行高阶性、创新性、有挑战度的实验项目的培养偏少<sup>[6,7]</sup>。部分高校培养的化工类人才在知识、能力、素质等方面暴露出与产业发展和社会需求矛盾比较突出，需要解决两个现实存在的问题：一是学校制定的学生培养方案与社会的实际需求脱节，导致培养出的学生社会适应能力较弱；二是缺少针对应用性而开设的实验内容，学生在学校学的实验操作与企业实际应用型实验操作有一定差别，化工人才的工程能力的培养达不到生产实际的要求，毕业生动手能力较差，创新能力与企业要求不匹配，学生就业压力大。

为顺应时代对应用化学人才的需求，我院在“产教融合，校企合作”模式下，重新修订了应用化学培养方案，构建了以知识、能力、素质的创新型人才培养的实践课程体系，对原有的实践教学内容、教学方法进行了大力改革，突出了应用化学专业特色，创新了实践教学新模式，凝练了专业三个特色方向的建设培养目标，确保培养出适应社会需求的应用化学专业创新型人才。借力“互联网+”教学媒介，推进产教融合，校企合作的全面实施，共同完善虚拟仿真实验教学资源和网络课程的建设，邀请企业教师来学校课堂教学，企业教师远程录播、直播生产作业的教学视频，实现课堂教学与课外学习的有效对接，突破课堂教学时空限制，提高教学的灵活性，大大提高了教学效果。通过产教融合信息进一步交流，促进协同育人机制。

## 1 “多位一体”实践教学体系的构建

根据应用化学专业的培养目标，以学生能力培养为核心，构建“科教、赛教、产教”的多位一体的实践教学体系(图1)。打破以二级学科设置实验课程的传统体系，构架基于化学一级学科“方法学为中心”的化学基础、理化测试和化合物制备“三大模块虚实结合的实验课程体系”，搭建创客空间、链反应创新创业工作室等平台，支持学生参加各类创新创业大赛和学科竞赛，鼓励学生开展社会实践活动，助力乡村建设。通过“基础科学实验、创新创业实践、化学化工实验竞赛、社会实践活动、毕业设计(论文)”等多方面的培训，全面提升学生综合素质和创新实践能力。

## 2 依托产教融合、校企合作打造四平台的实践环节

实施产学研深度融合、学科交叉融合、产学研学相结合的协同育人模式，建立校企协作育人平台，构建新工科背景下应用化学专业实践教学新模式。校企合作建立的实践教学平台(图2)，始终将实践环节和创新创业能力培养贯穿大学学习整个过程，通过重庆市级化学实验教学示范中心和国家级虚拟仿真中心的“实验课程教学平台”培养学生扎实的基础实验技能和创新思维，校企合作的创客空

间“比赛竞赛平台”如“互联网+”竞赛、“挑战杯”大赛等培养学生创新创业能力，省市级重点实验室的“科研能力训练平台”，挖掘学生自身兴趣和优势，培养其分析、解决问题的科学探究能力，通过高校与企业合作搭建“实习实训平台”，将学生在校学的知识与企业的实际应用需求相结合，增强学生的就业竞争力<sup>[8]</sup> (图3)。

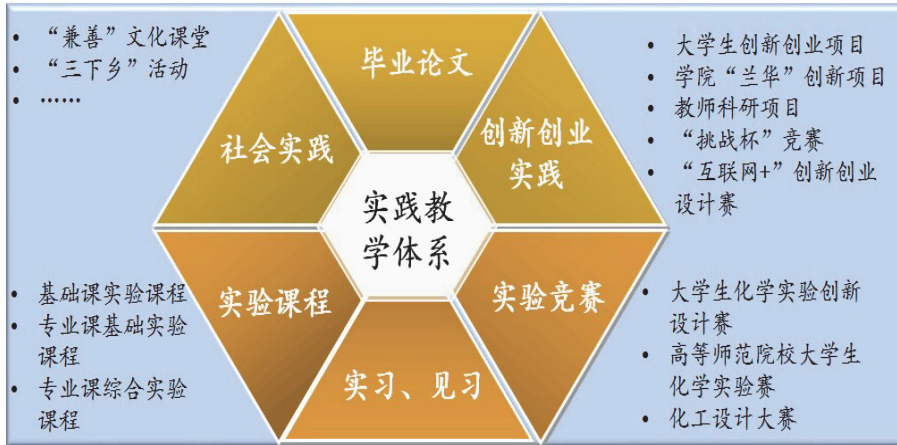


图1 “多位一体”的应用化学实践教学体系图

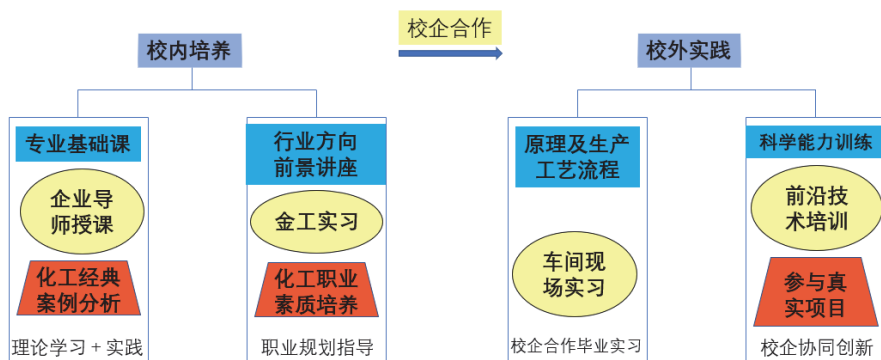


图2 校企联合人才培养平台关系图

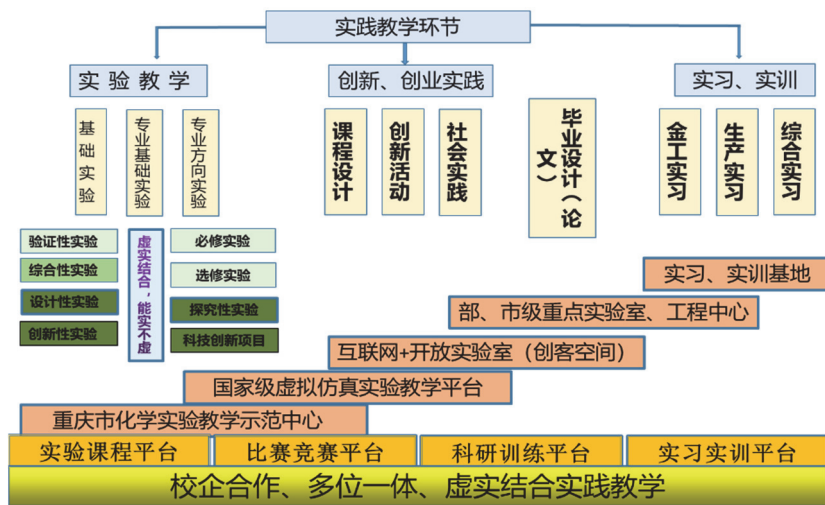


图3 校企合作、多位一体应用化学专业教学实践环节示意图

在生产过程实践中学生不断学习研究，以产、学、研有机融合，相互渗透，与相关企业合作打造综合性实训基地，在资源的高效利用和共享的同时培养创新创业类人才。以科学研究项目为培养载体，鼓励和支持大二和大三学生申报国家级、市级、校级、院级的大学生创新创业基金项目。学生通过主动参与自主设计的研究项目，在项目方案设计、路线优化、项目实施等方面基本的科学素质及研究能力得到有效培养；学生通过将项目成果发表成研究论文、会议论文或申请发明专利，其综合素质得到显著提升。学生通过主持和参与创新项目的研究工作，不仅提升了自己的科学研究能力，更好地服务本行业；同时项目的实施过程也会反哺团队成员的理论学习水平提升。鼓励并指导学生参与生产企业的应用型研究项目，可以帮助学生了解企业的实际需求，在后期学习计划中更有针对性。教师可以将自己和学生得到的最新科研成果直接转化为实验教学内容，在教学中融入科研过程可以提升实验教学的高阶性。学院将所有实验室对本科生开放，学生在安全的前提下可以就自己感兴趣的项目开展研究，提升本科生的创新与实践能力。

### 3 校企合作建立的创客空间和学科竞赛相结合的“阶梯式”实践能力培养模式

结合我校应用化学类创新人才的培养需求，我院与重庆红月亮科技股份有限公司成立了化学空间课外实验室，有兴趣的参赛学生可在导师的指引下，结合企业的需求和竞赛要求，将专业理论知识扎实，科研基础、实验技能、创新意识较强的成员打造成目标明确的参赛团队，为未来参加大赛打下有力基础。“互联网+”大学生创新创业大赛在高校的普及，对于创新创业人才的培养起到了加速推动作用<sup>[9]</sup>。通过大赛的磨练，在激发学生创新创业热情的同时，也培养了其创新创业能力，促进了创新创业项目所产生的成果转化，一定程度上满足了社会行业所需。

我院针对应用化学专业学生采用校企合作建立的创客空间和学科竞赛相结合的“阶梯式”实践能力培养模式，见图4，即通过基础实验基本技能操作训练、实验技能大赛、创新创业项目、实验创新设计大赛、“挑战杯”课外作品竞赛、创新创业大赛、专业实践等多种方式相结合培养学生的实践能力。

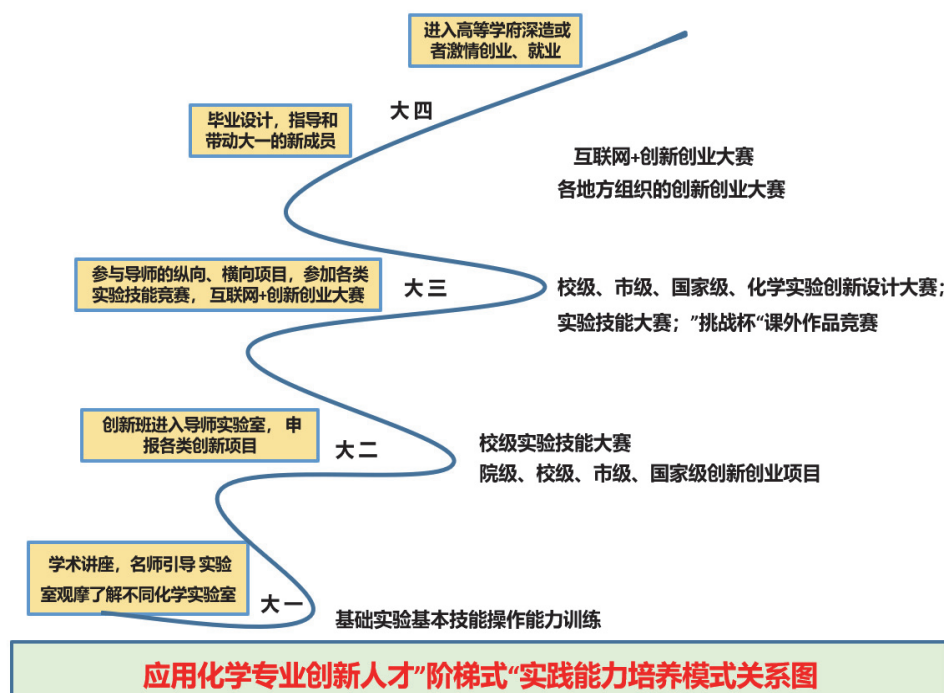


图4 我院应用化学专业“阶梯式”实践能力培养模式关系图

对大一学生主要进行基本实验能力训练,同时开展学术讲座、名师引导和实验室观摩等活动开拓学生的眼界,提升学生对专业的兴趣。对大二学生在进行专业实验能力训练的同时,还通过举办校级实验大赛选拔优秀学生、营造一种创先争优的学习环境,对学习和实践能力双优的学生设置兰华创新基地化学实验班,在科研导师指导下完成兰华创新项目,达到研究性实践能力训练的目的<sup>[10]</sup>。在大一和大二积累的基础上,培训和指导大三学生参加全国大学生化学实验创新设计大赛、全国高等师范院校化学专业实验竞赛、“互联网+”创新创业大赛和“挑战杯”课外作品竞赛<sup>[11]</sup>;此外,学生还可以参与导师的横向和纵向课题研究,培养其独立思考和研究创新能力,提高其综合研究素质。针对大四学生不同的未来规划开展针对性的培训,对读研深造的学生通过近一年的毕业设计进一步训练其科研创新能力;对就业的学生采用毕业实习、毕业设计和就业一体化的培养模式,由学院导师和拟就业企业导师组成“双导师”组,毕业设计工作主要在拟就业单位开展,这有效弥补了学生在学校实验里对应用基础研究的短板,提前适应了工作环境,也完成了毕业实习。同时还鼓励部分拟就业的学生进行创业。通过这种从大一入学到大四毕业的“阶梯式”实践能力培养模式培养出满足社会需求的应用化学专业人才。

#### 4 “虚实结合,能实不需,相互补充”培养学生的实践能力

针对我院应用化学专业学生创新实践能力的培养,我们建立了“基础实验-综合训练-创新设计”三层次的实验教学体系。该体系以方法学为中心,其中基础实验涵盖无机、有机、分析和物化四大基础化学实验,着重培养学生化学学科的基本知识和基本技能;综合训练实验以设计性实验为主,融合其他学科与化学交叉学科知识,以拓宽学生的学术视野,提高学生的专业素养;而创新设计实验以综合创新性实验为主,并结合各级学科竞赛和创新创业项目,着重培养学生的创新精神。例如,专业实验结合行业检验标准,在工业分析向、精细化学品化学方向、高分子材料方向都分别设置了创新性设计实验项目。

除了通过多层次和多位一体的实验课程体系培养学生的创新实践能力之外,还结合我院的国家级化学化工虚拟仿真平台丰富的虚拟仿真实验资源开展虚拟实验教学,秉承的宗旨是“虚实结合、能实不需、相互补充”。近年来在以下三种情况下虚拟仿真实验有效弥补了真实实验的局限:一是受仪器数量和学时的限制,学生无法在课堂上进行多次训练,达不到熟练掌握的目的,而学生可以利用课余时间虚拟仿真环境下进行预习、模拟实验操作以及复习;二是在新冠疫情时期,有些疫情地区的学生无法到校上实验课,这些学生可以利用线上虚拟仿真平台进行相应实验内容的学习;三是一些无法在实验室开展的特殊实验,如易燃、易爆、高危、有毒、有害的化学实验,学院没有的某些先进仪器设备相关的实验,或无法让学生动手操控的化工生产过程<sup>[12]</sup>,可以通过开展虚拟仿真实验教学加以解决。这种虚实结合和虚实互补的教学模式提高了实践教学效果,全面提升了学生的创新能力和动手能力<sup>[13-15]</sup>。利用大数据聚类结果可以感知并响应学生的个性化学习需求,从而实现对学生的个性化能力培养<sup>[16]</sup>(图5)。

#### 5 结语

我校应用化学专业实践教学体系通过搭建校企合作平台、设置“基础实验-综合训练-创新设计”多层次实验内容、采用“实验教学、虚拟仿真、实习实训、创新实践、学科竞赛、毕业设计(论文)”等多方面的培训全面提升学生综合素质和创新实践能力,使得学院的人才培养水平和质量大幅提高,学生实践能力和创新能力得到极大提高,就业竞争力增强,人才培养模式更加优化,取得了可喜的成绩。近五年来,学生积极申报各级大学生创新创业训练计划项目,其中获准立项的国家级项目41项、市级项目56项、校级项目125项、院级项目150项。学生公开发表研究论文80余篇,其中SCI论文50余篇;申请国家发明专利近30余项。学生学科竞赛成绩优异,在“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛和“互联网+”全国大学生创新创业竞赛等赛事上获奖120余项,其中国家级20项,市级及西南

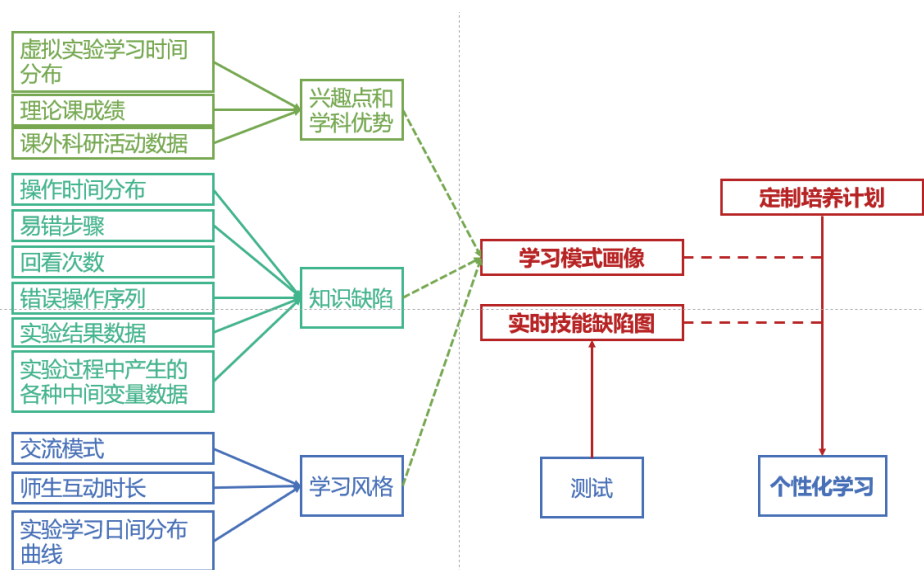


图5 “互联网+”下虚拟仿真实验对学生实践能力的个性化培养

赛区40项，校级60项。学生就业创业能力提高，近五年毕业本科生近1700人，就业率保持在95%以上，位居学校前列。学生考取研究生的层次和水平逐步提高，读研率在50%以上，两次获“西南大学就业工作先进集体”称号。实践证明：我校的“科教、赛教、产教”的多位一体的应用化学专业创新实践教学人才培养体系，具有很好的推广价值。

## 参 考 文 献

- [1] 贺凌, 岳昌君. 中国高教研究, 2018, No. 7, 60.
- [2] 刘建平, 宋霞, 杨植, 王兆伦, 王舜. 实验室研究与探索, 2019, 38 (4), 230.
- [3] 高洪涛, 李东祥, 孙雪梅. 大学化学, 2021, 36 (5), 2008041.
- [4] 应少明, 谢丹华, 黄剑华. 大学教育, 2020, No. 1, 156.
- [5] 刘智运. 中国大学教学, 2011, No. 1, 12.
- [6] 谢琨, 郭涛, 卢杨. 成才之路, 2017, No. 10, 1.
- [7] 高洪涛, 李东祥, 孙雪梅. 大学化学, 2021, 36 (5), 2008041.
- [8] 王园朝, 邱化玉. 大学教育, 2018, No. 5, 1.
- [9] 唐婧, 郑胜彪, 惠贞贞, 毛月圆, 张雪梅. 创新创业理论研究与实践, 2022, 1 (1), 127.
- [10] 姚运金, 张婕, 陈树海, 杨则恒, 张大伟, 魏凤玉. 化工高等教育, 2018, 163 (5), 20.
- [11] 徐彦芹, 董傲通, 曹渊, 熊燕, 陈昌国, 周正涛. 实验室研究与探索, 2018, 37 (2), 174.
- [12] 应少明, 谢丹华, 黄剑华. 实验室科学, 2020, 23 (6), 102.
- [13] 张浩, 张伟, 彭敬东, 龚成斌, 雷洪, 张钰婷. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43 (3), 156.
- [14] 彭敬东, 龚成斌, 马学兵, 张浩. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42 (9), 193.
- [15] 龚成斌, 高意, 彭敬东, 张浩. 山东化工, 2021, 50 (21), 177.
- [16] 张浩, 雷洪, 龚成斌, 彭敬东, 何显达, 马学兵. 实验室研究与探索, 2017, 36 (9), 129.