

实践创新能力驱动的化工人才培养模式构建与实施

焦纬洲*, 刘志伟, 张超, 袁志国, 祁贵生, 高璟

中北大学化学与化工学院, 化工综合国家级实验教学示范中心, 太原 030051

摘要: 以中北大学“化学工程与工艺”专业为例, 构建“学训赛创”四元互促人才培养模式, 在扎实的理论教学基础上, 融入实验、实习、实训, 并结合学科赛事, 全面提升学生实践创新能力。实践结果表明, 该模式强化了学生对复杂工程问题的处理能力, 并显著提升了师资水平, 为行业培养了工程创新人才, 展现出良好的示范性和推广价值。

关键词: 工程实践; 人才培养; “学训赛创”模式; 四元互促

中图分类号: G64; O6

Construction and Implementation of a Mode of Chemical Talent Training Driven by Practice and Innovation Ability

Weizhou Jiao*, Zhiwei Liu, Chao Zhang, Zhiguo Yuan, Guisheng Qi, Jing Gao

National Demonstration Center for Experimental Comprehensive Chemical Engineering Education, School of Chemistry and Chemical Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China.

Abstract: Taking the major of chemical engineering and technology in North University of China as an example, a “learning, training, competition and creation” quadratic chemical talent cultivation model has been constructed. Based on solid theoretical teaching, the model integrates experiments, internships and practical training, and combines with disciplinary competitions to comprehensively improve the practical innovation ability of students. After years of practice, this model not only strengthens the ability of students to deal with complex engineering problems, but also significantly improves the level of teachers, cultivates engineering innovative talents for the industry, and shows good exemplary and promotional value.

Key Words: Engineering practice; Talent cultivation; “Learning, training, competition and creation” model; Mutual promotion of four elements

在2019年国务院联合颁布的《中国教育现代化2035》这一纲领性文件中, 明确指出进一步加强对学生实践动手能力、合作能力以及创新能力的培养^[1]。同年, 教育部也出台了《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》, 其中特别强调科研与教学相结合的重要性, 提倡利用科研的育人功能, 促使高校及时将前沿的科研成果融入教学内容之中, 从而激发学生对专业学习的热情, 并通过高水平的科学研究平台来提升学生的创新和实践能力^[2]。此外, “复旦共识”“天大行动”和“北京指南”也分别强调了新工科建设需要紧密融合研究与实践, 并为内外资源的整合与利用创造有利条件^[3]。因此, 着力增强学生的实践创新能力一直是我国高等教育的重点工作。

收稿: 2024-05-07; 录用: 2024-06-25; 网络发表: 2024-06-26

*通讯作者, Email: zbdxjwz@nuc.edu.cn

基金资助: 山西省高等学校教学改革创新项目(J20230766); 山西省研究生教育教学改革课题项目(2021YJG205)

目前, 教育部已建立工程教育专业认证制度, 旨在加强高等工程教育中能力与素质的培养, 促进人才培养与社会需求的衔接。根据教育部等部门关于“卓越工程师教育培养计划”和“加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见”文件精神^[4], 众多高校正积极尝试革新课程体系和教材内容, 尤其关注加强工程实践环节的教学改革。同时, 不少教师也在积极探讨和研究工程实践教学的目标定位、体系搭建以及工程意识培养等方面的问题^[5,6]。然而, 我国高等工程教育在实践环节上仍有明显不足, 具体表现在专业基础知识的教授有所淡化, 与相关行业准入标准的衔接不够紧密, 对专业指向和导向教育的重视程度不足^[7]。因此, 需要不断深化教学改革, 加强工程实践教学, 以提升我国高等工程教育的整体质量。

本次改革从实践和创新能力提升着手, 以中北大学化学工程与工艺专业为例, 遵循“OBE”教育理念, 构建出“学训赛创”四元互促人才培养模式。倡导学生积极参加专业竞赛与“双创”项目, 把理论学习、课内实践、学科比赛与课外创新的培养相互统一, 达到知识与技能的融合促进, 从而提升学生的专业技能与求知意识, 培养基础知识扎实、专业技能强、且具备“双创”素养的高级工程人才, 达到培养适应社会需求的复合型创新人才的目的。本研究对提升化工类本科教育水平, 达成卓越工程师培养目标具有参考价值和推动作用。

1 实践教学面临的问题

近年来, 中北大学化工类专业凭借一系列颇具特色的科研成果, 特别是超重力技术的工程化应用, 吸引了国内外广泛关注, 并成功建立了9个国家级和省级教学和科研平台。这些显著成果有力推动了化学工程与技术一级学科及专业的建设与发展, 使中北大学化工类专业及其学术带头人在国内外享有较高声誉。尽管中北大学化工类专业教育始终聚焦于培养学生的工程实践与创新能力, 但当前仍面临一个不容忽视的问题: 毕业生所具备的能力与实际工作需求之间存在较大差距, 高水平专业人才及复合型创新人才尤为匮乏。这一现象凸显了化工专业实践育人体系存在的几大问题: (1) 培养方案未能充分强调解决化工复杂工程问题这一核心要素; (2) 实践平台与特色学科、重点实验室、实习基地联系不够紧密; (3) 实验教学体系缺乏以学生为中心的多元化教学架构; (4) 师资队伍建设尚需建立可持续协调发展的长效机制。因此, 积极推进化工类专业本科教学模式的改革与创新显得尤为重要。

2 四元互促人才培养模式的建立

针对当前存在的问题, 本文提出化学工程与工艺专业“学训赛创”四元互促育人模式改革与实践的思路。具体而言, 这一模式旨在将知识学习、课后训练、学科竞赛和创新创业有机结合起来, 形成一个闭环式的培养体系, 即“以学促训, 以训促赛, 以赛促创, 又以创促学”(见图1)。其中, “学”强调系统学习和深入理解专业知识, 树立科学的学习方法和习惯, 奠定人才培养的坚实基础; “训”则注重通过校内实验、实训与校外实习, 将理论知识转化为实践技能, 提升解决复杂工程问题的能力, 这是人才培养的关键所在; “赛”则通过参与各类化工专业赛事, 激发学生的学习热情与动力, 全面提升其综合素养, 这是人才培养的重要组成部分; “创”则聚焦于培养学生的创新创业意识和团队协作能力, 通过开设相关课程和实践项目, 强化其创新创业能力, 这是人才培养的核心成果。“学训赛创”四元互促育人模式打破了传统模式下各元素相互孤立的局面, 实现了知识学习、技能训练、竞赛实践和创新创业教育的有机结合与高效联动。

3 四元互促人才培养模式的探索

3.1 人才培养模式改革实施的保障

3.1.1 制度保障

完善化工实践教学监管、评价和改进制度, 推进“学训赛创”教学过程的持续改进和复合型创

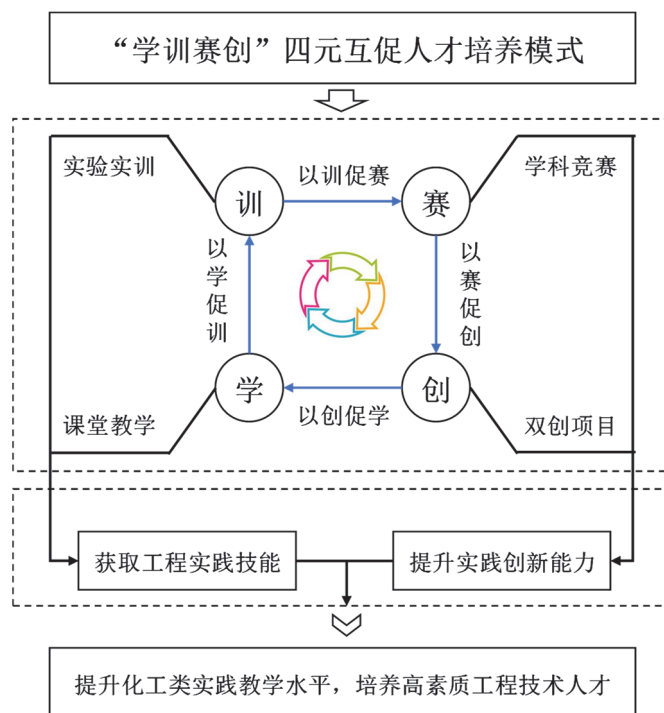


图1 “学训赛创”四元互促人才培养模式

新人才的持续培养。利用化工类专业人力资源，组建由化工类专业教师组成的院课程群，并与院教学专家组联合，配合校督察组的督导和学生评价，构成“学训赛创”四元互促的教学管理系统。优化同行评教制度，依照评教结果和课堂教学反思，有针对性地提出整改办法，同时确保贯彻到实践育人的各个环节；坚持监改改循环机制，通过不断监控、评价和反馈，推动教学的持续改进，从而逐步提升实践教学质量，以保障复合创新人才的培养效果。

3.1.2 平台保障

中北大学化工专业依托“化工综合国家级实验教学示范中心”“化工过程强化山西省重点实验室”“山西省煤化工气体深度净化联合实验室”“山西省化工过程强化及节能减排工程研究中心”“山西省高校煤基过程工业气体深度净化协同创新中心”等现有的教学科研平台，通过以上多平台的有效联动，拓宽校、企平台之间的交流渠道，保障实践平台与产业需求的高度匹配。此外，借助科研平台所积累的设备、技术和人力等资源，将其进一步扩展为化工专业实践教学平台，为培养创新实践能力提供坚实保障。

3.1.3 师资保障

化工专业的教师团队在教改、科研及学生培养方面均拥有深厚的经验，能够针对教学改革过程中涉及的工程技术和理论难题，开展精准而深入的研究。团队中的部分骨干成员，作为“山西省优秀导师团队”和“山西省科技创新重点团队”的核心力量，不仅主持了多项国家级、省级和校级的教改与科研项目，其所取得的成果还获得“中国石油和化工教育教学成果特等奖”“山西省教学成果特等奖”以及“国家科学技术进步二等奖”等殊荣。在指导学生方面，专业教师团队积累了承担国家级、省级和校级各类项目以及科技竞赛的丰富经验。值得一提的是，教师团队的部分骨干成员还担任着山西省化学、化工与制药类专业教指委秘书长的重要职务，为本项目的教改方案提供顶层规划与精准设计，以及进一步推动高水平平台优势资源服务于实践教学平台及其建设提供了经验。总之，以上师资条件不仅能够确保学生工程实践能力的培养质量，还能促进教改成果的持续产出与应用推广，为化工教育事业的蓬勃发展贡献力量。

3.2 人才培养模式改革实施的方法

3.2.1 落实教学理念与教学模式的方法

基于“OBE”教学理念，回归工程实践的本质，聚焦学生工程实践能力的提升，通过化学工程案例教学植入，构建工程课程教学体系，培养学生工程知识掌握能力；通过实验教学和化工科研项目的深度融合，修订实验和实践教学方案，提升学生工程实践能力；通过实践、实训、竞赛、科技活动多形式的化工设计和创新实践，提升学生工程创新能力；通过毕业设计、助研多种渠道参与产学研项目，提升学生解决复杂工程问题能力，创建“学生能力本位、科研反哺教学”的化工类实践育人体系，落实“实践教学平台、实践教学模式、实践教学体系、实践师资建设和监评改制度”的教学模式。

3.2.2 构建工程人才培养体系的方法

根据培养目标，构建多态化、四转化化工实践教学体系和监评改循环制度的实施和落实，旨在三层次、连续化、渐进式培养学生工程实践能力，培养“知而有识、学而善用”的面向国家、社会和企业所需的化工工程技术人才^[6]。通过科研导入式将课程设计、专业实验、毕业实习、大创项目、科技竞赛等实践课程构建多态化，通过工程素养、工程技术和工程系统三个层次、渐进式工程化教育。将中北大学的超重力分离技术应用与火炸药研发等特色课题，调整、转化为适合校内开展的创新项目，从而强化学生的工程实践能力。学校出台青年教师赴大型企业、科研院所挂职锻炼计划实施办法，提升青年教师的工程实践能力。优化设计创新、创业、竞赛的学分等效认定机制，开拓学生在校创新创业新模式，鼓励学生自主选择参与全国化工设计大赛、全国化工实验大赛、Chem-E-Car国际大赛等活动；创新“化工过程设计集中指导、全员参与”的工程设计能力培养新机制，鼓励学生结合专业实验产品进行多样化实践创新活动，为学生提供了“学-训-赛-创”全方位工程实践教学体系。

3.2.3 建设与优化实践平台的方法

在政府、学校等支持下，建成化工基础、化工工艺、特色化工三平台的化工综合国家级实验教学示范中心、省重点实验室、省产业战略联盟等特色实践平台。以“化工过程强化的工程特色和含能材料制造的军工特色”为支撑，开拓化工行业和企业资源，依靠政府、高校、企业三方合力多元协同的方法，采用实习和产学研合作的模式，与阳煤集团、甘肃银光、新华化工、赛鼎工程有限公司等企业建设省级和校企合作实践平台，并聘请企业的资深专家为企业导师，每年定期为学生课堂授课，指导工程设计、环保安全和企业管理等知识的学习。同时，获批“化工原理实验”“化工设计创新实践”“超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化虚拟仿真实验项目”等山西省实践类一流课程4门，校级“化工实验创新实践”“‘Chem-E-Car’创新实践”“大学生化工设计竞赛指导”等双创课程5门，多维赋能提升学生工程实践能力，建立院教学指导委员会、基层组织或实验室工作组，结合校教学指导委员会的督导和学生评价，构成多层次的教学质量监控体系，出台了配套的运行机制，为实践平台运行提供保障。

3.3 人才培养模式改革的研究内容

3.3.1 研究内容-“学”

“学”是指以通识教育、学科基础和专业方向为基础的理论教学。通过开展通识教育课、学科基础课、专业课三个“点”的教学模式构筑“学”体系，建设三个理论教学体系，对各个体系中每门课的知识点进行评价，同时注重课程思政，提升学生学习兴趣，制定能力培养监评改制度。(1) 对于通识教育，通过学习马克思主义原理、中国近现代史等内容，提升人文社科素养；通过学习思修与法律基础、形势与政策等内容，强化学生的社会责任感与工程职业道德。此外，采用“私人订制”模式，根据人才培养需要提供通识教育的可选组合。(2) 对于学科基础教育，以模块化方式提供不同的可选课程，同时根据专业与学科特点，把相关英语课程内容进行整合，以提升学生文献阅读能力，开阔其国际视野。(3) 对于专业课教育，根据学生的各自情况，开设科研训练课程，例如：针对化学

工程方向学生开设化学工程进展、化工过程强化技术课程；针对含能材料方向，开设军用混合炸药、火炸药前沿技术课程。

3.3.2 研究内容-“训”

“训”是指在理论课程学习的基础上，通过实验、实习、实训环节，将所学的理论知识与实践相结合，通过实验、实习、实训的环节将点连接成线。构筑丰富的实验、实习、实训的“训”体系，从深化基本原理、稳固专业知识与加强实验训练出发，打造具有高阶性、创新性和挑战度的实验环节，培养具备扎实基础和实践能力的化工人才。其中，化学类实验立足基本技能掌握，注重规范养成培养；化工原理实验，培养学生动手能力、分析和解决问题的能力；专业实验培养学生创新意识和能力。通过实习拓展学生视野，树立工程化思想；通过实训实验，使学生得到从原料到产品多个单元操作的工程化训练。通过科研反哺教学、网上资源等环节，提高学生学习积极性，深度挖掘教学与科研连“线”、教师与学生连“线”、理论与实践连“线”、课内与课外连“线”等，使学生的学习超越教材、超越课堂。

3.3.3 研究内容-“赛”

“赛”主要涵盖了诸如“挑战杯”“互联网+”、全国大学生化工设计大赛、实验大赛以及中国大学生Chem-E-Car竞赛等一系列赛事活动。通过丰富的立体化、多元化“赛”事体系，深化学生的工程化思维训练，培养学生从化工实际工程问题出发，不断进行自主创新、实践以及团队合作，最终提升大学生团队精神、合作能力和创新能力。总之，通过这些竞赛活动，可以有效地培养学生的创新精神、实践能力和团队合作能力，为其全面发展提供有力支持。同时，这些竞赛活动也为学生提供了一个展示自己才华和能力的平台，有助于激发他们对化工行业的兴趣和热情，推动化工教育的创新与发展。

3.3.4 研究内容-“创”

“创”主要指学术创新、实践创业、毕业课题环节，将学生理论学习和实践环节得以灵活运用，以增强学生解决实际问题的能力，提升学生解决化工复杂工程问题的能力，培养适应社会需求的复合型创新人才。通过学术创新、实践创业、毕业课题等“创”环节，将学生理论学习、实践环节、大赛经历得以灵活运用，评价学生分析问题解决问题能力，尤其是解决化工复杂工程问题的能力。积极组织学术创新与实践创业活动，增强学生创新创业能力；利用假期社会实践活动及创新创业实践基地，为学生提供实践机会；实行指导老师负责制，确保指导老师负责的学生数量符合专业认证标准，提升毕业设计(论文)水平。此外，坚持每生一题原则，对需多人合作的课题，明确规定各成员独立任务，确保每名学生均获全面训练。

4 人才培养模式实践成效

4.1 构建四元互促人才培养模式，提升学生工程实践能力

根据四元互促人才培养计划，修订培养方案及教学大纲，不断改革教学模式与教学方法，引导学生从课堂走向企业。近年来，化工专业获批国家级一流本科专业建设点、山西省高等学校优势专业、山西省高校1331工程优势特色学科。本专业获国家一流课程1门，“化工原理实验”“化工设计创新实践”“超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化虚拟仿真实验项目”等课程获批山西省实践类一流课程，出版《高分子科学实验》《化工原理实验指导》等教材四部，教育部/山西省教研项目10项，校级教学研究项目31项。

4.2 提升学生的工程设计和实践能力，促进科技成果产出

将化工过程设计与模拟课程深度融入全国大学生设计大赛，学生在各类大赛中的奖项等级和数量均实现了突破和提高^[8]。特别是在2021年国际AIChE Chem-E-Car竞赛的“Performance Competition”中荣获第2名，同时在中国大学生Chem-E-Car竞赛中摘得桂冠。此外，荣获第十三届全国大学生化工设计竞赛特等奖(第三名)、第四届全国大学生化工实验大赛一等奖、2020年“挑战杯”

中国大学生创业计划竞赛铜奖。这些荣誉均刷新西北赛区的最佳成绩记录，充分展示出工程实践育人模式的成效。

4.3 持续扩大学生的受益面，不断提升师资实力

本次改革的化工专业覆盖人数由开始的百余人增长到近千人。学校有半数学院及专业利用现有的平台开展实践教学，累计受益学生人数已接近两万人。经过大赛训练的所有学生均实现了当年就业，其中多数被知名企业录用，赢得了用人单位的广泛认可。此外，“化工原理教学团队”获全国石油和化工教育优秀教学团队，团队成员的高级职称比例提升，部分成员获评教育部青年长江学者、全国石油和化工教育教学名师、山西省模范教师等荣誉。

4.4 开展教学交流与研讨，充分发挥示范作用

本次改革的经验，得到了教育部、地方政府部门、同行、专家、企业和媒体的关注及好评，在山西、陕西、宁夏、甘肃等高校发挥了其辐射和示范作用。中北大学作为全国大学生化工实验大赛/设计大赛、山西省高等学校化学化工制药类专业教学指导委员会秘书长单位，与台湾清华大学、天津大学、中国化工教育协会等单位开展教学研讨。各位专家对所提出的聚集化工优势平台及资源，构建的“学训赛创”四元互促育人模式及所取得的成效给予了充分肯定。同时，通过承办国家赛事、教指委会议、院校交流、实验开放等形式，使这一育人模式发挥了很好的辐射和示范作用。

5 结语

工程实践教育改革关乎化工类专业教学过程的持续改进和复合型创新人才的持续培养。基于“OBE”育人理念，本文提出构建“学训赛创”四元互促化工类专业本科人才培养模式，旨在全面提升学生解决化工复杂工程问题的能力，从而培养出能够适应社会需求的复合型创新人才。该模式通过整合实验、实习、实训等关键环节，并与全国大学生化工实验大赛、全国大学生化工设计大赛以及Chem-E-Car等赛事紧密结合，有效推进大学生创新创业训练计划、实践创业以及毕业论文等实践环节。本次改革在社会上产生了广泛影响，其成果得到了社会各界的广泛认可，并在省内外起到了积极的示范作用。综上所述，此次改革举措在提升化工类实践教学品质以及培养高素质工程技术人才方面具有较为深远的影响。

参 考 文 献

- [1] 中共中央国务院印发《中国教育现代化2035》. 光明日报, [2019-02-24] (01).
- [2] 教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见. 中华人民共和国教育部公报, [2024-04-22] (09).
- [3] 耿直. 科教文汇, **2022**, No. 1, 135.
- [4] 教育部工业和信息化部中国工程院关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见. 中华人民共和国教育部公报, [2018-09-17] (03).
- [5] 王芳, 张红, 陈丰秋. 化工高等教育, **2012**, 29 (2), 76.
- [6] 曾俊良, 牛亮峰, 孙燕华, 张羽翔, 徐静莉, 孙国富. 广东化工, **2023**, 50 (17), 229.
- [7] 吴浩, 黎华, 张建, 宋旦霞, 尹章才, 林安琪, 高聪. 高教学刊, **2022**, 8 (1), 156.
- [8] 焦纬洲, 高璟, 祁贵生, 程原, 刘有智. 化工高等教育, **2022**, 39 (2), 120.