实验与实践教学

以学科竞赛为载体的化工原理实验教学改革与实践

刘　辉,曹占芳,钟　宏,卢红梅,蒋崇文,王　帅,张志敏

(中南大学 化学化工学院 矿冶工程化学虚拟仿真实验教学中心,湖南 长沙 410083)

[**摘要**]以学科竞赛为载体,从“以赛促改,以学带赛,赛学结合”的思路出发,文章从日常教学模式优化、实验设备的建设与改造、实验软件的建设与持续提升、师资队伍建设、学科竞赛校内选拔等方面,介绍了中南大学化工原理实验教学的改革与实践,希望对提高学生综合素养、深化课程实践教学改革起到一定的促进作用。

[**关键词**]化工原理实验;学科竞赛;软硬件建设;师资队伍

Teaching Reform and Practice of Chemical Engineering Principles Experiment Based on Academic Competition

Liu Hui, Cao Zhanfang, Zhong Hong, Lu Hongmei, Jiang Chongwen, Wang Shuai, Zhang Zhimin

(*Mining and Metallurgical Engineering Chemistry Virtual Simulation Experimental Teaching Center, School of Chemistry and Chemical Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083*)

Abstract: With academic competition as the carrier and based on the idea of promoting reform and learning by competition, some reforms and practices on chemical engineering principles experiment teaching in Central South University were introduced from aspects of daily teaching mode optimization, experimental equipment construction and renovation, continuous experimental software upgrading, faculty development, and candidate selection of competition on campus. It is anticipated to improve students' comprehensive quality and promote the course teaching reform.

Key words: Chemical engineering principles experiment; Academic competition; Software and hardware construction; Faculty

[**作者简介**]刘辉(1972-),男,教授;卢红梅(1976-),女,教授,博导,博士,副院长,国家化学实验示范中心主任。

[**通信作者**]卢红梅,E-mail:hongmeilu@csu.edu.cn。

* 基金项目:湖南省高校教学改革研究立项项目“开放式研究性教学模式的探索与实践”;中南大学教育教学改革研究项目(2018jy049)。

化工原理实验是化学工程与工艺、制药工程、应用化学、食品科学与工程、冶金工程等工科专业的一门重要实践必修课程[1-2]，主要讲授流体流动及输送、沉降、过滤、传热、蒸发、精馏、吸收及干燥等单元操作的内容[3-4]。学生通过实验操作与实验现象分析，可深入领会化工原理知识的内涵，进而通过理论联系实际，提升动手能力、分析及解决复杂问题的能力、创新思维能力与研究能力[5-6]。

始于2017年的全国大学生化工实验大赛是教育部高等学校化工类专业教学指导委员会与中国化工教育协会联合主办的一项赛事，旨在推动高等学校化工类专业新工科建设，提高本科化工类专业核心课程教学质量，加强大学生综合素质与能力培养，提升高等教育服务石油和化工行业发展的水平。比赛包括化工原理理论知识（占40%）、化工单元仿真操作（占20%）与化工原理实验操作（占40%）这三个环节，以充分考查选手的理论水平和实践能力。中南大学积极响应，组队参加了该项比赛，并取得了优异的成绩（2017年全国特等奖，2018年、2019年均为全国一等奖），充分展现了我校新工科人才培养的特色。

基于大学生化工实验竞赛，结合新工科建设，中南大学化学化工学院本着“以赛促改，以学带赛，赛学结合”的思路，针对目前化工原理实验教学中存在的模式低阶、教学设施落后、教学资源不足、信息化技术与教学融合不够、师资队伍工程实践能力欠缺等问题，从教学模式优化、实验室硬件及软件建设、师资队伍培训等方面对化工原理实验课程进行了改革，构建了以化工原理单元操作为核心，面向化学工程、制药工程、应用化学、食品工程、冶金工程等专业的化工原理实验教学体系，取得了良好的教学效果。

一、化工原理实验教学模式优化

实验教学是高等教育的重要组成部分，重在培养学生的实验操作技能及发现、分析和解决问题的能力。目前，大部分高校的化工原理实验项目停留在演示性、验证性、操作性的低阶层面，而高阶层面的综合性、设计性、创新性实验严重不足，这大大妨碍了学生解决复杂工程问题能力、创新思维能力和研究能力的训练。针对现有问题，近年来，我们对化工原理实验课程教学模式进行了改革探索。化工原理实验从传统的化工原理及实验课程中分离出来单独开设，共48学时，包括40学时的动手实验与8学时的仿真实验，这就在定位上保证了化工原理实验的地位。化工原理实验参照学科竞赛（化工实验大赛）中以学生为主体、教师为主导的实践教学模式，教师只提出实验目标、要求、技术指标、完成期限和验收方式，学生需自主组队完成实验方案制定、技术路线设计、具体操作和调试、指标测试等过程。通过任务分析、方案制定、系统调试、指标测试和报告撰写等全过程的实践，学生既能将所学理论知识进行综合运用，又能把研究视野扩展到相关知识领域，发现和解决复杂工程问题的能力、创新思维能力和研究能力在这种潜移默化的过程中也能得到提升。

二、实验硬件设备的建设与改造

中南大学化工原理实验课程不仅面向化学工程与工艺专业，而且面向应用化学、制药工程、矿物工程、冶金工程等专业，涉及的专业和班级较多，这就对实验硬件设备提出了较高的要求。实验室硬件设备是化工原理实验教学的基础，学院以工程教育专业认证为契机，对实验室硬件设备进行了多年的持续建设，目前拥有流体阻力测定、离心泵特性曲线测定、流态化特性、对流传热、板式精馏、气体吸收、填料塔流体力学特性、液液萃取、干燥等数十套先进、科学、实用的化工原理专业实验装置，价值1 000万元以上。硬件设备的建设为化工原理实验教学的顺利开展提供了极为有利的保障。

三、实验软件的建设与持续更新

我们在多年的课程教学过程中积累了大量的化工原理实验教学课件、教具、软件、素材，形成了较为全面、丰富的教学资源。此外，我们基于设备原理及特点，精心编撰了化工原理实验指导书，书中详细介绍了本课程每一个实验项目的实验目的、实验装置、实验原理、实验步骤、实验要求及安全注意事项等。这些教学资源为化工原理实验的有序开展奠定了坚实的基础。

然而，随着多媒体信息技术的快速发展，原有的教学方式已经不能很好地满足化工原理实验课程教学的新要求。近年来，为了提升课程教学效果，学院非常注重化工原理实验课程信息化教学的发展，先后开展了化工原理实验教学设备操作视频、化工实验虚拟仿真大赛、化工原理实验微课等相关内容的信息化建设，成功完成了流体阻力、离心泵特性、对流传热、板式精馏塔、液液萃取等相关实验的视频和虚拟仿真项目建设，为学生提供了丰富、立体的教学资源（见图 1）。同时，我们自主研发了基于手机 App 的化工原理实验仿真系统（见图 2），极大地延伸了实验教学的时间和空间，激发了学生的学习兴趣。

图 1 中南大学化学化工学院化工原理实验信息化教学系统

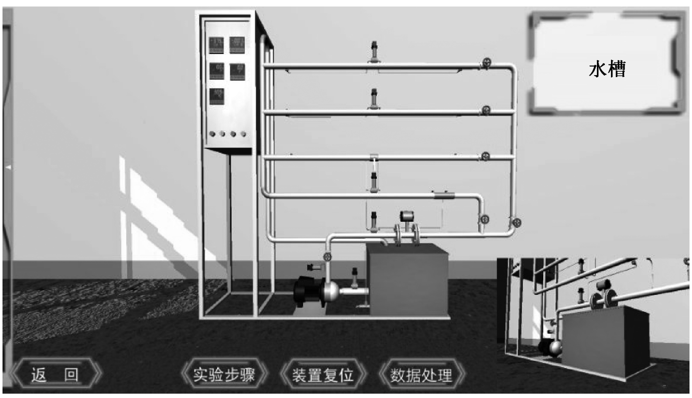

图 2 基于手机 App 的化工原理实验仿真系统（流体阻力实验）

此外，中南大学发挥自身优势，利用虚拟仿真实验、虚拟仿真大赛提升学生分析和解决化工实际问题的能力。化工实验的实践性较强，如果直接安排学生进入实验室开展实验，由于他们对设备不熟悉，实验很难达到理想的效果。多数同学只是在老师的指导下完成基本操作与实验数据记录，无法深入理解工作原理，更不会分析和解决实验过程中遇到的问题。中南大学拥有国家首批虚拟仿真实验教学中心——矿冶工程化学虚拟仿真实验教学中心（见图 3），该中心配合化工实验教学先后开展了大量虚拟仿真实验培训及竞赛工作，辅助学生掌握化工实验设备的操作并提高分析问题的能力，取得了良好的教学效果。2015 年以来，矿冶工程化学虚拟仿真实验教学中心连续举办了 4 届校内虚拟仿真实验大赛，针对学生感兴趣的化工、冶金过程进行虚拟仿真实验的开发和设计，极大地锻炼了学生的实验操作能力和设计能力，提升了教学效果。同时，化工原理教研室

图 3　中南大学矿冶工程化学虚拟仿真实验教学中心网站

进行了化工原理实验的慕课建设，分别从科学前沿与实验原理、实验设备与实验操作、数据处理与工程拓展、虚拟仿真等方面进行展开。2019 年上半年，该慕课已经在爱课程平台上线。

四、师资队伍建设与教师综合素质提高

2018 年 11 月，教育部高等教育司司长吴岩在 2018—2022 年教育部高等学校教学指导委员会成立大会上指出，教师的精力要首先在本科集中，学校资源要首先在本科配置。一流的本科教育必须配置一流的师资队伍，中南大学化工原理教研室不定期举行师资队伍培训，从课程思政到专业知识，从经验丰富的老教师到刚参加工作的年轻教师，内容和人员全覆盖，以稳步提升师资队伍水平。

为了把握最新的教学理念与教学导向，化工原理教研室主任与授课教师经常参加高等学校化工类专业教学指导委员会及中国化工教育协会主办的各种会议，如中国化工教育协会会员大会、泛珠三角（“9+2”）化工专业本科教学工作会议等，了解最新的化工教育形势与动态。

对于专业骨干教师，学院为他们提供了知识更新的机会，为他们的成长提供氛围与空间，鼓励他们参加各种技能培训，特别是学习一些化工常用模拟软件及仿真模板。如专业骨干教师参加了北京大学教育技术培训中心赵国庆教授在南京开办的“微课慕课技术培训班”，参加了 Aspen Plus、Fluid Simulation 等化工模拟软件的集体实训，参加了首届“教学常青论坛”暨新维教师发展空间站启动仪式与全球首秀活动等。

“卓越工程师教育培养计划”是教育部为了贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》而启动的一项重大改革计划，以培养和造就一大批高质量各类型工程技术人才为目标。人才培养，师资先行，卓越工程师的培养离不开一支高素质的工程师资队伍。新引进的青年教师大多是国内外知名高校毕业的博士或博士后人才，缺乏相应的教学经验与工程实践经验。近年来，学院采取了“外培内训”的方式加强教师队伍建设，通过坚持“教学科研双导师制”，促进青年教师快速成长。为了适应工程专业的建设，提升教师的工程教育能力，学院以“请进来”的方式，聘请企业具有丰富工程经验的工程师为全院专业教师开设化工设计课程。化工原理教研室还经常邀请湖南本地企业（如湖南海利化工股份有限公司、巴陵石化）的工程师、安全师对青年教师进行技能培训，并且让他们跟着老教师一起赴工厂带学生实习，以期培养他们的工程意识。同时，为了改善师资队伍结构，学院在人才引进方面下了大量功夫，如引进工科专业教师时不仅强调学术水平，而且注重工程实践经验。另外，学院与 20 多家知名企业（如金瑞新材料科技股份有限公司、比亚迪股份有限公

司、巴陵石油化工有限责任公司、南京化学工业公司等）共建了国家级工程实践教育中心、省级校外实践教学基地，充分发挥企业在工程实践方面的优势，聘请中心、基地中工程经验丰富的高级工程师承担部分实践教学工作，从而形成了一支校内专职教师与企业兼职教师相结合的多元化高水平工程教育师资队伍，以期达到提高工科专业人才培养质量的目标。

五、校内选拔赛为国赛奠定坚实的基础

中南大学各级部门都极为重视学生创新创业能力的培养。基于化工实验课程，学院成立了化工创新设计俱乐部等创新创业平台，鼓励学生参加各种学科竞赛，充分激发学生的自主创新意识和团队协作意识。同时为了提高大学生的知识应用水平，中南大学化工原理教研室从 2017 年开始举办校内化工实验竞赛，依托矿冶工程化学虚拟仿真实验教学中心，选拔出优秀学生参加后续的全国大学生化工实验竞赛，以“赛学结合”的方式提升学生的动手能力、团队合作能力、创新思维能力、分析并解决复杂工程问题的能力。

上述举措极大地提升了化工原理实验课程的教学水平和效果。中南大学 2017 年荣获首届全国大学生化工实验大赛总决赛特等奖，2018 年、2019 年均获得全国大学生化工实验大赛总决赛一等奖。2018—2019 年，中南大学连续两年获得全国大学生食品工程虚拟仿真大赛总决赛特等奖。2016—2019 年，中南大学连续四年获得“国药工程杯”全国大学生制药工程设计竞赛一等奖。此外，中南大学连续八次荣获全国大学生化工设计竞赛全国一等奖（2010—2017 年），两次荣获特等奖（2018 年和 2019 年）。

六、结语

高等学校化工类专业新工科建设对化工原理及实验等化工类专业核心课程的教学提出了更高的要求。中南大学对化工原理实验教学改革进行了积极的探索，构建了以化工原理单元操作为核心，面向化学工程、制药工程、应用化学、食品工程、冶金工程等专业的化工原理实验教学体系，取得了良好的教学效果。“以赛促改，以学带赛，赛学结合”的方式极大地激发了学生的学习兴趣，他们积极参加全国大学生化工实验大赛等赛事，在参赛过程中检验了学习效果，提高了学习积极性，通过与其他兄弟高校学生的交流进一步提升了自身能力。今后的化工类专业教学将是一个更为开放的体系，信息化教学、学科竞赛等方式都将极大地促进化工原理实验课程的教学改革及教学效果和水平的提升。

（文字编辑：李丽妍）

参考文献：

［1］黄现礼，祁欣，李澄，等. 南京航空航天大学参加省大学生化学化工实验竞赛的实施方案改革思考［J］. 教育教学论坛，2018(4)：3-4.

［2］潘鹤林，黄婕，叶启亮. 基于 OBE 理念构建化工原理课程教学模式的探索与实践［J］. 化工高等教育，2018(5)：25-31.

［3］冯红艳，徐铜文，杨伟华，等. 理科高校化工实验教学的思考与实践［J］. 化工高等教育，2017(6)：59-62.

［4］高明丽，冯红艳. 化工实验教学和管理模式的探索与实践［J］. 化学教育（中英文），2017，38(14)：28-30.

［5］陈英. 化学化工实验教学示范中心建设思路与探索［J］. 化工管理，2015(11)：91-92.

［6］曾令强，孙健. 新建本科院校青年教师队伍建设的现状与对策研究［J］. 教师教育论坛，2013，26(1)：57-60.