

## 实验与实践教学

## 化工实验教学体系模块化构建探索与实践\*

李 薇,洪燕珍,陈学云,苏玉忠,陈翠雪,王海涛

(厦门大学 化学化工学院化学工程与生物工程系,福建 厦门 361005)

[摘要]厦门大学化学工程与技术实验教学中心以培养化工专业创新性人才为目标,结合化工学科知识结构分布及实验教学的特点,对化工实验的教学内容、教学模式及师资队伍建设进行了改革,构建了“层次化、模块化”的教学体系,切实有效地提高了实验教学质量,以期培养新型工科人才。

[关键词]化工实验;实验教学体系;模块化;构建

Exploration and Practice in Establishment of the Modular of  
Chemical Engineering Experiment Teaching System

Li Wei, Hong Yanzhen, Chen Xueyun, Su Yuzhong, Chen Cuixue, Wang Haitao

**Abstract:** To achieve the goal of cultivating innovative talents, the scheme for the establishment of the content of course, teaching mode, and teacher's team is explored and practiced. During this process, the characteristics of chemical engineering experiment teaching and the knowledge structure of chemical engineering are considered. In this way, the experiment teaching system is more hierarchical and modular, and the quality of experiment teaching is improved effectively. By this reform, we hope to create chemical engineers.

**Key words:** Chemical engineering experiment; Experiment teaching system; Modular; Establishment

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,高等教育承担着培养高级专门人才、发展科学技术文化、促进社会主义现代化建设的重大任务,提高质量是高等教育发展的核心任务<sup>[1]</sup>。

人才培养模式的核心内容包括人才培养理念、教学培养过程、培养制度和培养质量评价体系

等<sup>[2]</sup>。要培养“宽基础、高素质、重实践”的化工学科创新型人才,高校必须在人才培养模式上有所创新,寻求突破。实验教学是培养学生创新能力和实践能力的重要实践教学环节,是促进学生将理论和实践相结合、推动学生自主学习、培养学生创新思维的重要途径。

厦门大学化学工程与技术实验教学中心坚持

[作者简介] 李薇(1965-),女,高级工程师,学士,化工技术基础实验室主任;王海涛(1977-),女,高级工程师,博士,本文通讯作者。

\* 基金项目:福建省本科高校教育教学改革研究项目(FBJG20170300)。

创新型人才的培养目标,借鉴国际化工教学的先进经验,学习国内同行的教学研究成果,立足本校化工专业的工程特色,进一步深化实验教学改革,优化、完善实验内容,构建了培养学生探索精神、科学思维、实践能力和创新能力的课程体系,对实验的教学思路、内容、方法等进行了改革。

### 一、实验教学体系改革的思路

实验教学秉承“以学生为本,以专业技术能力培养为核心”的理念,根据人才培养目标和学科发展需要,着重加强学生实践能力与创新能力的培养。实验中心整合资源并设置综合实验,形成从低到高、从传授知识到培养综合能力逐层递进的课程模块实验体系;通过对教学内容进行重组和优化,建立“层次化、模块化”的教学体系,探索研究型教学模式,实现多层次实践教育;开展形式丰富的实验教学活动,增强学生的创新意识,强化教学、科研和产业间的互动,培养具有创新精神和工程实践能力的复合型人才<sup>[3-6]</sup>。

### 二、实验教学体系的构建

我们将化工实验划分为化工基础实验、化工专业实验两大层次,并建立了系统仿真平台和创新实践平台。基础实验和专业实验均根据实验内容进行模块化建设,实验内容从基本原理到综合应用,层层递进,环环相扣,以期打造化工本科生创新能力培养体系。

实验教学以学生为本,注重分层次、分模块安排,采用自主学习、合作学习与研究学习相结合的方式,培养学生的工程实践能力。实验教学过程中充分利用网络,采用“翻转课堂”对学生的学习过程进行重构,促使学生在课外进行自主学习;课堂上则通过提问、引导、讨论,加强师生间的交流,营造和谐的教学氛围,有效地促进学生对知识的吸收。学生在实验过程中可以放松地表达自己的观点,积极动手操作,提高对实验的兴趣,锻炼学习能力和创新能力。

#### (一)化工基础实验

针对本科三年级学生开设的化工基础实验涵盖了化工生产过程“三传一反”的内容,分成基础实验模块和综合设计实验模块,具体内容如图 1

所示。在实验过程中,教师引导学生运用所学的理论知识解决实际问题,加深学生对基本概念和基本理论的理解,通过典型的单元操作使学生掌握现代化工生产中的基本方法和技巧,熟悉常用的化工仪表、测试分析方法和自动化技术。教师采用“课前预习→课堂讲授→实际操作训练→分析讨论提高”的循序渐进的兴趣导入实验方式进行引导性实验教学,使学生掌握化工设备的操作及常规参数的测定方法,提高学生的专业实验技能,培养学生运用工程观念去思考和解决问题的能力。

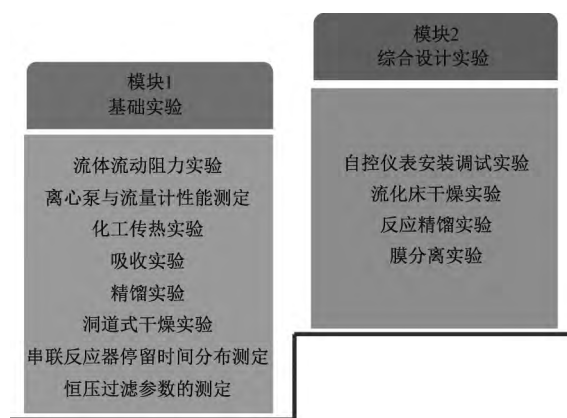


图 1 化工基础实验模块化教学体系

基础实验模块包括流体流动阻力实验、离心泵与流量计性能测定、化工传热实验、吸收实验、精馏实验、洞道式干燥实验、串联反应器停留时间分布测定和恒压过滤参数的测定。此模块通过动量传递、热量传递、质量传递和化学反应工程的基础实验,增强学生对化工的感性认识,加深学生对化工过程中基本概念和基本理论的理解。此外,该模块增设了化工实验安全环保教育环节,坚持以人为本的原则,强调开展实验过程风险分析、加强风险防范的必要性及具体方法,以强化学生的健康、安全、环保意识和社会责任感<sup>[6]</sup>。

综合设计实验模块包含自控仪表安装调试实验、流化床干燥实验、反应精馏实验、膜分离实验。学生可自由选择分组,通过查找文献制定实验计划和实验方案,按预约时间进行实验,对实验结果进行整理、分析、讨论并完成实验报告。综合设计实验重点培养学生综合分析问题和解决问题的能力。

力,鼓励学生探索工程实践中蕴含的科学问题,为其今后从事科学研究打下良好的基础。

## (二)化工专业实验

在学生完成化学工艺学、化工热力学、工业催化原理、化工过程分析与合成等专业理论课程学习的基础上,我们开设了化工专业实验,采用“理论知识学习→实验实践验证→理论与实践结合”的方式开展专业认知实验教学。通过一系列具有代表性的专业实验训练,学生要掌握先进的化工生产技术,学会使用先进的分析测试方法,并进行实验数据的测定、分析与处理,掌握化工领域的专业实验技能,提高独立思考能力与工程实践能力。化工专业实验的开设力求突出实验课对学生创新精神与工程实践能力的培养,体现新世纪化工类人才培养的基本精神,同时体现化学工程与工艺的学科发展状况。

化工专业实验分成先进分离实验、典型反应实验和研究开发实验三个模块,以满足学生的个性化要求,培养多层次的复合型化工人才,具体实验如图2所示。实验内容涵盖了化学工程、工业催化、精细化工、分离工程等专业领域的基础知识,教师也可以将最新的科研成果引入实验教学,转化为化工专业实验。

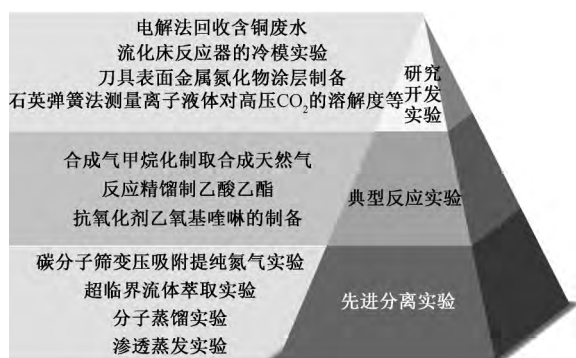


图2 化工专业实验模块化教学体系

先进分离实验模块包含碳分子筛变压吸附提纯氮气实验、超临界流体萃取实验、分子蒸馏实验、渗透蒸发实验,旨在使学生了解化工发展的前沿、先进的实验流程和装备。

典型反应实验模块包含合成气甲烷化制合成天然气、反应精馏制乙酸乙酯、抗氧化剂乙氧基喹啉的制备,均具有较强的代表性。

研究开发实验模块紧跟学科发展,跟踪化工技术热点及前沿,引进先进的实验技术和装置,并鼓励学生自行设计科创实验项目,以丰富实验内容,推动教学和科研同步发展,并为科研培养和输送人才。近几年,该模块先后开设了电解法回收含铜废水、等体积浸渍法制备  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  催化剂、膏霜类化妆品的制备、色谱法测定无限稀释活度系数、流化床反应器的冷模实验、生物基活性炭的制备及其吸附染料废水的实验、刀具表面金属氮化物涂层制备、石英弹簧法测量离子液体对高压  $\text{CO}_2$  的溶解度等实验。该模块锻炼了学生实验方案设计、实施及实验数据处理和评价能力,将数学、物理、电路和化工等知识融合起来,激发了学生对专业的兴趣,培养了学生的创新能力和科研能力。

## (三)系统仿真平台

现代化大型化工厂已基本实现了自动化或半自动化的生产控制,工作人员除了需要掌握基本的化工单元操作知识外,还需熟悉计算机系统控制的相关知识,因此化工实验教学中的仿真教学成为关注的焦点。系统仿真平台设有仿真实验基础模块、自主研发仿真实验模块和复杂化工系统模块。

仿真实验基础模块采用东方仿真教学软件,仿真实验教学不受空间和实验场地的限制,精选化工单元操作和典型化工生产装置(如离心泵、换热器、精馏塔等),让学生在实验过程中详细了解装置工艺流程、正常工况的工艺参数范围、控制系统的原理及各种化工操作规程等,并通过设定装置或者设备的各种事故及其极限运行状态,让学生认识到此类操作给化工过程带来的风险及危害,提高学生分析问题的能力和在复杂情况下处理事故的综合能力。

自主研发仿真实验模块开发了化工网上实验系统,建立了化工过程控制精品课程教学网站。该网站具有独具特色的网上实验系统,形成了教学、实验兼备的完整体系,可使学生在短时间内积累较多的化工过程操作经验,提高学生分析问题、解决问题的综合水平,为化工远程教育开拓了新

路径,也解决了化工实验课程的网上教学问题。

复杂化工系统模块将“催化裂化装置反应再生系统优化控制”“催化裂化装置主分馏系统优化控制”“循环流化床锅炉富氧燃烧”及“粉煤气化动态过程优化”等科研项目的仿真系统应用到本科教学中,使学生熟悉复杂化工控制系统的开停车技术及工况调整过程,提高学生对化工过程的分析 and 决策能力。

#### (四)创新实践平台

该平台旨在培养学生的自主创新兴趣和协作攻关能力,提高学生的实践能力和创新能力,使学生在探求真理的过程中具备发现新问题、提出新见解的能力,培养学生浓厚的科研兴趣、实事求是的科学态度,以及深钻细研、独立思考和勇于创新的精神,提高学生的科学素养。

该平台创新氛围浓厚,实验内容丰富,通过学分认可、专项奖励等激励机制,鼓励学生积极开展创新性综合设计实验项目,参加化工育苗基金、大学生创新创业训练计划、化工设计大赛、大学生化工安全设计大赛、大学生化工实验大赛、化工工程设计大赛等创新活动,并为其配备指导教师和提供必要的实验条件。据不完全统计,通过该平台进行创新实践的学生先后荣获全国大学生化工设计竞赛全国一等奖 6 次、二等奖 8 次、三等奖 6 次,荣获化工安全设计大赛全国二等奖 1 次。

#### 三、师资队伍建设

实验教学中心历来重视师资队伍建设,经过多年的努力,已形成了一支具有明确发展目标、人员稳定、年龄结构合理、教学和科研水平较高的师资队伍。从年龄结构上看,师资队伍以中青年教师为主体,老中青相结合;从学历层次结构上看,拥有博士和硕士学位的教师有 17 人,占比 85%,且均毕业于国内化工学科比较强的学校;从职称结构上看,具有副高级职称以上的教师有 16 人,比例为 80%。师资队伍中有国家海外高层次人

才引进计划——“青年千人计划”入选者 1 人、宝钢教育奖获得者 1 人、“福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划”入选者 1 人,以及优秀教育科研工作者和本系主干课教师,师资力量雄厚。高水平的教学师资队伍为创新创业人才的培养提供了有力的保障。

#### 四、结束语

化工实验教学改革是一个长期摸索的过程,需坚持以学生为中心,建立适应社会经济发展需要的培养目标,构建培养学生创新能力的教学体系,强化学生的实验安全意识和风险防范意识,推动教学和科研融合贯通,促进教学模式从以传授知识为中心向以提高自主学习能力和开拓创新能力为中心转变,提升化工本科实践教学质量,从而培养创新型化工人才。(文字编辑:李丽妍)

#### 参考文献:

- [1] 国家中长期教育改革和发展规划纲要工作小组办公室. 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年) [EB/OL]. [http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/info\\_list/201407/xxgk\\_171904.html](http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/info_list/201407/xxgk_171904.html), 2010-07-29.
- [2] 吴绍芬. 高校人才培养模式改革的理性思考[J]. 成才之路, 2015(21): 22-23.
- [3] 杨昌跃, 蔡绪福, 周天楠, 等. 多层次-模块化实验教学体系的构建与改革[J]. 实验科学与技术, 2015, 13(2): 119-121.
- [4] 吕海霞, 杨志杰, 张辉艳, 等. 基于应用型人才培养的化工原理实验教改探索与实践[J]. 化工高等教育, 2016(1): 26-30.
- [5] 徐菊美, 乐清华, 许志美, 等. 化学工程与工艺专业实验国家精品课程建设[J]. 化工高等教育, 2010(5): 29-32.
- [6] 乐清华. 化学工程与工艺专业实验[M]. 3版. 北京: 化学工业出版社, 2018.