学科与专业建设

基于创新型化工类人才培养的教学模式改革与实践*

周国永[1],王志康[2],王环江[1],胡海良[1],罗迎春[1],陶文亮[1]

(贵州民族大学 1.化学工程学院(民族医药学院),2.生态环境工程学院,贵州 贵阳 550025)

[摘要]为了满足社会发展对创新型人才的需求,我们调研了国内外创新型化工类人才培养模式,在梳理和分析相关文献资料的基础之上,结合化工类人才培养的鲜明特点,制定了培养目标并实施教学,建立了相应的教学管理机制,并实施教学改革。在此基础上,我们提出了培养创新型化工类人才的战略思想,重新构建了人才培养模式,注重人才培养过程的优化,履行并完成高校培养人才的首要任务,为经济社会的发展输送优秀人才。

[关键词]创新型化工人才;培养模式;教学改革;创新能力;探讨

Reform and Practice of Education Mode for Cultivating Innovative Chemical Engineering Talents

Zhou Guoyong, Wang Zhikang, Wang Huanjiang, Hu Hailiang, Luo Yingchun, Tao Wenliang

Abstract: To meet the need of social development for innovative talents, based on the analysis of the cultivation of innovative chemical engineering talents on relative literature at home and abroad, and also by combining the distinctive features of fostering chemical engineering talents, we formulated the talent training objectives and put into teaching practice, and also established corresponding teaching management mechanism and carried out teaching reforms. The paper puts forward the main ideas as well as the ways and measures of fostering chemical engineering talents, rebuilds the talent training mode and focuses on the talent training process so as to fulfill the prime task of talent cultivation of the higher learning institutions and to supply the innovative chemical engineering talents for the social and economic development.

[作者简介]周国永(1978-),男,副教授,博士。

*基金项目:化学工程与技术——贵州省省级重点学科(黔学位合字 ZDXK〔2016〕9 号);贵州省高等学校教学内容和课程体系改革项目“基于虚拟仿真技术的混合教学模式探索与实践”;2017 年贵州省研究生教育教学改革重点课题(JGKT2017012);贵州民族大学 2016 年度校级教育教学改革立项项目(GUN2016JG26);2017 年贵州省一流大学(一期)重点建设项目“化学与化工综合工程训练中心——平台重点建设(含培育)项目”;贵州省高等学校教学内容和课程体系改革项目“制订、实践与改革应用化学专业本科培养方案培育‘特色’应用型人才的研究”。

Key words：The innovative chemical engineering talents；Cultivation model；Teaching reform；Innovation ability；Investigation

胡锦涛同志在庆祝清华大学建校100周年大会上首先提出，人才培养、科学研究、社会服务和文化传承创新是大学的四项使命[1]，其中人才培养无疑是大学最根本的核心功能。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》中明确要求培养创新型人才。当前，国家正在计划实施世界一流大学和一流学科(简称“双一流”)建设，这为人才培养工作树立了新的目标。国务院总理李克强最早在2014年夏季达沃斯论坛上就发出了“大众创业、万众创新”的号召。高等教育已进入大众化教育阶段，“统招统分”政策早已不复存在，大学毕业生可通过双向选择实现就业。培养创新型人才对于提高毕业生的整体素质与竞争力具有重要的积极导向作用。

化工类专业过程性很强，现已成为通用过程工程专业的典型代表。它以创新为目标、素质为先导、理论为基础、实践为根本，呈现出应用性强、综合性强、灵活性强且内容广而博的特点，教学内容包括化工实际生产中多组分物系分离过程的原理、工艺、计算、应用及相关领域的前沿研究。社会的发展需要具备综合能力、发展潜力、创新能力的人才。创新型人才培养是培养创新型化工类人才的核心，也是高等工程教育改革的关键所在[2-3]。目前，化工类人才培养目标、定位与特色，专业建设，以及人才培养过程的实施和教学管理制度的建立，均以创新型化工人才培养为重点。学生不仅要具有扎实的基础理论、过硬的实验技能，而且要具备前瞻眼光和创新能力。

化工类专业本身蕴涵理论性、实践性、技术性、工程性与创新性。随着时代的发展，其愈发具有吸引力与魅力，对于创新型化工类人才的培养具有基础性的重要作用[4-6]。因此，高校应重构并打造“厚基础、重实践、强个性、宽口径、突特色、求创新”的探究式课程框架体系，采用多元考核评价体系，提升学生的工程素养和综合能力，切实引导并培养大学生对化工类专业的学习兴趣，从源头上提高学生的学习动力，激发学生的学习热情与积极性，使其由被动学习转变为主动学习。

另外，培养单位与用人单位往往存在一定的“衔接距离”，致使用人单位不得不为其付出时间与资金的“代价”。这不仅延缓了人才的成长，而且教育过程的“先天不足”对毕业生的未来会产生致命的影响。人才的“实用性”“可用性”和“创新性”普遍不足，培养创新型化工类人才更无从谈起。人才培养方面的改革具有综合性和协同性，仅仅改革课程内容往往得不到预期的效果，课程内容、教学过程、考核评价体系、师资队伍建设等要素要进行统一筹划与实施。课程内容是核心，教学过程是重点，评价方法是关键，三者是有机的整体，密不可分。此外，师资队伍建设也不容忽视。

一、培养创新型化工类人才的战略思想

我们按照工程教育理念，依托化工行业及化工产业链发展的交叉性，以服务社会经济发展为立足点，始终以培养具有创新能力、奉献精神、实践能力、国际视野和综合竞争力的应用型、复合型与创新型高级专门人才为目标[4]。同时，学校关注化工技术发展的应用性和前瞻性，突出人才培养的创新性，注重培养基础性、适应性与发展性相结合的创新型人才，树立了“厚基础、高素质、强能力、重创新”的教育理念与基本原则，如图1所示。从定位与本质上讲，创新型化工类人才培养应与化工类产业的发展紧密结合，与时俱进、协同发展。学校应构建与化工类产业发展和技术进步需求相适应的战略思想。

二、培养创新型化工类人才的途径和措施

(一)以化工类专业的建设为途径

专业建设是高校的基本工作之一，更是开展人才培养工作的基础。我们首先走访了用人单位和毕业生，认真倾听他们的真实意见和看法，并进行梳理、分析、总结，落实到专业建设和人才培养的对应环节中；其次邀请知名企业、著名科研院所

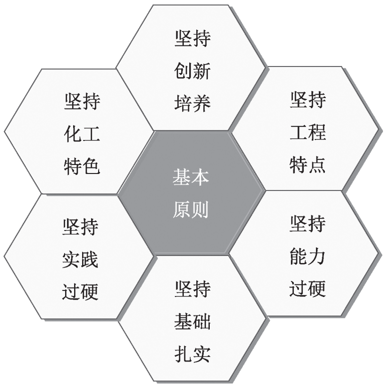

图1 培养创新型人才的基本原则

的专家献计献策，共同论证、共同研讨，为制定专业建设方案提出建设性的意见；最后对症下药，围绕培养环节薄弱、重论文而轻设计、实践环节缺失等人才培养的核心问题，制定具有针对性的培养方案。

（二）以化工类专业培养方案的制定为措施

化工类专业是实践性很强的工科类专业，并且非常强调技术先进性、前瞻性、综合性和创新性。学生不单单要具备扎实的理论基础，更要有过硬的实践能力，尤其是创新能力。专业培养方案是人才培养的“大纲”与“灵魂”。正所谓“一流大学抓专业建设、抓学科建设”，高校要发挥自身特色，找准定位，恰当切入，科学布局，合理规划[7-8]。

首先，高校应坚持规模与质量协同发展。规模是前提，质量是核心。质量是教育发展的永恒主题，是谋求生存与发展的“生命线”。其次，高校应找准定位、突出特色，结合自身特点和化工类专业的特点，将专业建设与国家、地方经济发展和社会需求紧密结合起来，解决学校与用人单位和社会的接口问题及用人单位急需创新型人才的问题。最后，高校应注重层次分明、目标明确、布局合理，熟知本、硕、博层次的不同特点与需求状况，始终坚持质量第一，坚持有效的适应性与发展的协调性原则，按需择优，适应并满足经济建设和社会发展的需要，把握专业建设发展的动态性与前瞻性，调研化工产业结构、特点与核心技术问题，面向经济建设与社会发展的主战场，完善专业结构、方向与特色，努力攻克难关，及时调整专业特色与布局，以适应需求，实现专业结构的优化。在考虑化工类学科特点的情况下，专业建设须坚持以培养经济社会发展需要的创新型化工类人才为导向，注重人才的创新性，并将其作为生命线。

三、创新型化工类人才培养过程的优化

（一）改革课程体系，重构培养模式

高校应注重化工类专业理论、实验、实训、实习内容的重构与业绩考核评价体系的建立，特别是注重实施过程，加强创新型化工人才培养；注重课堂内外相结合，一是高水平的严谨的课堂教学，二是充分、全面的课外实践活动，三是课堂内外的无缝衔接、有机融合，以实现课堂内外的协调性、平衡性与发展性。

（二）注重提高教学水平，重视实验、实训与实习环节

有些大学，特别是新升格为本科的院校，其教师的教学水平有待提高，专业理论功底与实践能力有待加强，教学技能参差不齐，责任心欠缺，高水平教师相对缺乏。同时，化工类理论课程具有抽象性、综合性、系统性、复杂性与开放性等特点，因此若不注重师资建设，学生灵活应用知识的能力和创新能力堪忧，教学效果堪忧，创新型人才培养堪忧。

化工类理论课程内容相对抽象，课堂教学枯燥乏味，单凭对文字和公式的讲授难以形象、清晰地表达具体的科学与技术过程，学生也难以理解。鉴于此，提高教学水平可显著提高教学质量和教学效果，从而提升创新型人才培养的质量。“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”，从理论学习到化工实验、现代化工仿真实验、实习、工程实践再到创新阶段是环环相扣、各环节相互关联的过程，每个环节都不可缺少，培养创新型人才需要实验、实习与实训环节的有机统一。

（三）优化教学方法与手段

教学方法的实施由指导思想、基本策略、具体方法、教学方式4个层面组成，如图2所示。教学手段是师生相互传递信息的介质、载体与方法，包括工具、媒体或设备的运用。教学方法与手段既有区别又有联系，对于强化学生理论基础、培养学

生分析和解决化工生产中常见科学技术问题的能力具有重要作用，对于培养创新型人才至关重要。教学内容的思想性、知识性、前瞻性、学术性、趣味性应融为一体。

图 2　教学改革的实施

我们依据教学内容的特点，引入了讲授法、谈论法、演示法等多种教学方法，收效良好。针对多媒体技术“图文并茂”“动静结合”“声光交互”的特点，我们将其与传统教学方法相结合，通过演示法授课，并适当引入谈论法，给学生以全新的视觉感受，形象、生动地展示抽象、难理解的科学技术原理、重要的设备和复杂的核心化工生产工艺流程，尤其是化工实际生产工艺流程[9]。这样既可增进学生的理解，使其在较短时间内掌握教学内容，又可开阔学生的视野，实现高效、良好的教学效果，提高学生的学习积极性，促进创新型人才的培养。

1.“五个相结合”的教学策略

学生与教师相结合、理论与实验相结合、实验与实训和实习相结合、课内与课外相结合、校内与校外相结合”的“理论—实验—实训—实习”一体化教育机制一环扣一环，相得益彰，形成了师生共同探索、共同提高，课堂教学与课外实习结合，以培养创新能力为目标的“五个相结合”合作机制。同时，我们加大了实验、现代化工仿真实训和实习教学的比重及相互间的衔接与互补，改革了教学策略，注重理论的基础性、实验的实效性、实训的补充性、实习的实用性和就业的适应性与创新的多样性，多角度、全方位培养学生的工程实践能力，尤其是创新能力。

2.革新教学内容，注重实训与实习

(1)革新教学内容

教学内容应与时俱进，顺应时代的进步而不断更新[10]，要具有基础性、代表性与广泛性，应涵盖当前化学工程学科的新理论、新技术和新设备。我们优选并革新了教学内容，重组了教材内容与结构，将工业化规模的、复杂的、重要的、典型的现代化化工工艺过程和化工单元作为重点。我们采用案例教学，以实际生产中常见的、重要的、典型的化工工艺、装置及设备等作为教学案例，将教学内容与工程问题、产品设计、工程原理，尤其是化工生产工艺流程、化工设备制造过程、选型使用及化工产品的自身特点相结合[11]。教学内容的设置顺序要有利于激发学生学习的积极性，便于学生理解和掌握，有助于学生创新能力的培养。

梅贻琦先生关于“大学是什么”的论断广为人知：“所谓大学者，非谓有大楼之谓，有大师之谓也”。我们充分考虑化工类课程的特点，坚持“打铁还需自身硬，着力加强师资建设”的原则，着力打造高水平教师队伍，一方面注重教师自身能力与水平的提高，另一方面发挥知名化工企业工程师实践能力强的优势，聘请其与专业教师共同授课，共同指导学生的毕业设计与毕业论文。

(2)强化实训与实习

我们采用理论性、实践性、工程性与技术性“四位一体”的创新型实践教育模式，注重实训与实习，采用现代化工仿真技术进行仿真实训，投入了大量资金重点建设实验室与实训基地，着力培养学生的实践技能，特别注重学生创新能力的培养，如图 3 所示。

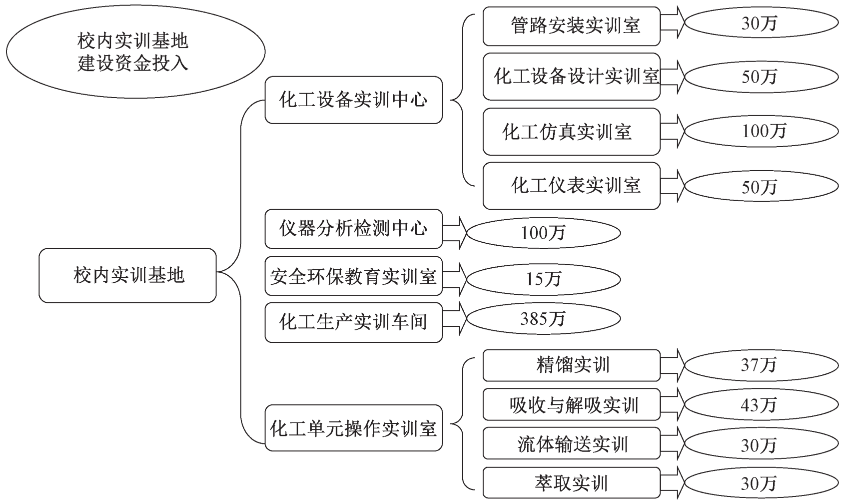

图 3　校内实验室与实训室分布图

传统的化工过程研究方法及开发手段风险大、周期长，需要耗费大量的人力、物力、财力，还存在危险性高、工艺复杂、条件苛刻等缺点[12]。仿真是对代替真实物体或系统的模型进行试验和研究的一门应用技术科学。借助计算机技术在仿真科学中的应用，实时再现化工工艺过程，模拟真实的化工生产操作与控制系统环境，被称为现代化工仿真技术。该技术可避免以上缺点，还可实时观察各相关设备的工作状态与化学反应现象[13]。工作人员通过设置工艺参数、人为设置故障点，可实现模拟化工工艺流程、仿真培训与生产过程的可视化、可控化[14]。现代化工仿真技术的应用可弥补理论、实验与实习等教学环节的不足，使学生身临其境，理解并掌握化工相关知识。这对于安全、有序、高效的化工生产开发具有极大的现实意义[15]。

现代化工仿真实训是在仿真实验室内，让学生通过仿真实习软件操作整个生产过程，是强化工科学生工程意识和实践能力的一种有效的教学方法[16]。教师可依据教学要求，自主设计创新实训内容，如化工过程流程模拟软件 Aspen Plus、MATLAB/Simulink 等的应用，设计生产工艺流程、物料组分及流量、反应温度、压强等。学生还可优化化工工艺条件，进行化工计算，以便为化工工艺流程的筛选与优化提供重要的参考[17]。

学生在“做中学”“学中做”，通过仿真实训教学获得了工程实践认识。仿真实训弥补了实验室所做实验的不足，具有信息量大、容量大、直观印象深刻且逼真的优势，克服了化工教学的瓶颈问题，同时避免了实习的种种不足[18]。

由于实习经费和实习基地的缺乏，学生常限于“走马观花”“只看不做”“流于形式”的被动式参观实习，对化工工艺内涵缺乏深入的理解，实习效果较差。另外，虽然高校与实习单位签订了实习基地协议，但实习单位往往不愿连续接受每届学生实习，这样的实习基地缺乏稳定性与可持续性。再者，由于安全生产、生产任务/效率与核心技术保密等方面的压力，加之学生未经培训，企业无法满足学生进行实际操作的需求，学生无法深入理解与掌握化工产业的关键内容，对化工行业的热情和兴趣得不到激发，不能满足用人单位“上手快、发展快、后劲足、能创新”的高水准要求[19]。化工仿真实训在一定程度上可以弥补企业实习的不足。企业实习采用学校-企业双重指导模式，我们鼓励学生在实习的同时，以积极的态度为化工企业创造直接的经济效益，力争为学校与企业奠

定合作的基础。

虽然现代化工仿真实训具有很多优点，但其也具有一定的局限性。一方面设计简单化，化工设备设计、管路安装、工艺流程与操作步骤都相对简单；另一方面仿真操作游戏化，各种故障不易发现，学生缺乏身临其境的体验，实际动手能力得不到有效培养。

实习是一个非常重要的环节，是教学计划的重要组成部分。分散实习是指学生主动联系用人单位，分散进行实习，学校对学生采取遥控式管理，实习质量不易控制[20]。不少用人单位希望通过实习来考查毕业生，筛选出满意的予以录用。显然，有效的实习经历有助于吸引用人单位。学院统一联系实习单位，建立了长期的实习基地，安排本专业的指导教师带队，集中进行实习。集中实习的专业对口性强，教师容易掌握实习学生的具体情况，实习过程易控制且实习质量有保障。学校作为人才培养单位，要掌握用人单位的实际情况与发展动态，有针对性地进行人才培养，如图4所示。

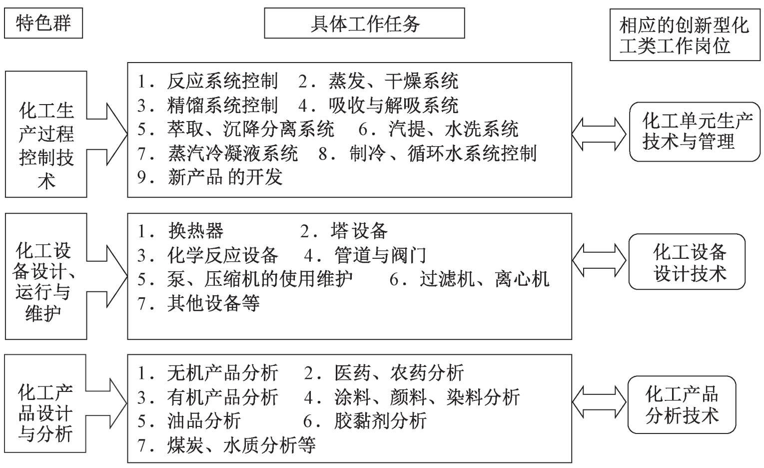

图4 化工类用人单位调研

(四)建立多元化考核评价体系

高校应建立健全多元化、全方位的科学考核评价体系，注意将过程性评价与终结性评价相结合，以便全面、真实、公正、科学、客观地评价学生学习效果[21]。只有评价体系及其实施过程是科学、有效和公平的，才会反哺教学，学生的主体性和教师的发展性作用才有可能得到切实地发挥[22-23]。考核评价体系的建立非常重要，一般需遵循有效性、客观性、科学性与全面性的原则。

1.课程的考核

我们采用成绩评价体系，注重过程评价，引入多个环节，建立了科学的评分标准，主要包括平时考勤、课堂提问、阶段测验、小组专题讨论、课堂表现、专题小论文与期末考试等。

首先，实验课程预习报告有助于学生消化和巩固所学理论知识，提前了解实验内容，做到有的放矢。学生课前完成实验预习报告，教师现场提问，考查学生的预习情况，为成绩评价提供一定的依据。其次，实验操作要点考查着重考查学生对整个实验的熟练性、实验操作的正确性、实验的创新性、动手能力及实验态度，教师在实验过程中要勤走动、细观察、多提问，随时把握学生的状况，并详细记录学生的实验操作情况。最后，实验报告体现学生对实验数据的处理、分析、总结及对实验的思考，应着重考查。

2.现代化工仿真实训的考核

仿真实训集基础理论、现场观摩、实践技能学习/训练为一体，通过师生双向交流、小组讨论，促进学生对基础理论、化工技术的理解与掌握，避免操作的盲目性与被动性。仿真实训采用科学的考核评价体系，注重公平、公正与过程性，主要由个人平时成绩(实训日志10%，实训出勤10%，合计20%)、仿真实训中期考核(20%)、仿真实训现场提问(20%)、仿真实训报告(20%)与仿真实训操

作考核(20%)等环节组成。

3.实习的考核

学生通过实习把理论知识与生产实际联系起来,提高分析及解决问题的能力,为以后的工作与学习打下坚实的基础。对于自身在现代化工生产中所承担的"控制生产角色",学生往往缺乏认识。实习考核由实习单位与学校派出的专业教师共同完成,主要从日常行为(包括出勤与遵守纪律情况、当日主题答辩及当日工作总结)、工作能力与态度、实习报告的撰写三方面进行。

四、关注化工行业发展的新动态

我们通过分析化工产业发展对高素质创新型化工类高层次人才的需求趋势,发现化工行业急需实践能力强的创新型人才[2,24]。目前,化工行业已基本摆脱"浓烟滚滚"的环境污染问题,在朝着绿色化、闭合链型发展模式的方向发展[25-27],从"先污染,后治理"转变为"从源头上、顶层设计方面降低或杜绝污染"[28]。随着新技术与新工艺的开发与运用,化工生产工艺流程变得越来越复杂,自动化程度也越来越高,其正朝着经济、环保、高效、节能的方向发展,需要大量的创新型人才[22,29]。

现代化、综合化、国际化与过程工程将是化工行业发展的一个重要特点。化工的现代化主要是指具有高科学技术水平、较高的经济附加价值和绿色性、可持续发展的特点;综合化是指多学科交叉性,涉及物理学、化学、数学、工程学、计算机科学与信息工程等学科,化工过程与系统过程相结合,化工正在向多个应用领域进行渗透;国际化不仅仅局限于外语水平,还要求学生对跨国企业的运营、国际贸易、国际标准与条约的执行、知识产权保护等方面有详细的了解,具备国际化视野[30]。化工向过程工程发展,而过程工程的研究对象是一个复杂的系统,由多种因素控制,具有非线性、非平衡性、结构多尺度而复杂的特点[31]。

另外,研究方法由原来的实验或理论变为实验、计算、理论综合发展,且与其他学科的交叉性强。多尺度、复杂系统都是化工研究的重要内容,我们应着眼全局,提高化工技术水平,利用在线化工数据库获取所需数据。

五、结语

为响应《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》所倡导的培养创新型人才之精神,我校尝试探索了一种可行的创新型人才培养模式,以期满足经济社会发展对创新型化工人才的需求。结果表明,我校培养的化工类人才的创新能力相比以前明显提高了,人才培养过程具有可操作性和科学性,结果具有一定的可预测性。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 朱光好. 文化传承创新:高校服务文化创意产业功能实践的新视角[J]. 中国高等教育,2011(18):30-31.

[2] 盖江南,赵自强,姜广峰. "大化工"工程创新人才培养新模式的探索与实践[J]. 高等工程教育研究,2016(2):95-98.

[3] 周国永,梁柏林,成琳. 探索式实践新型化工实验教学培养创新型人才[J]. 贺州学院学报,2011,27(4):137-140.

[4] 曾嵘,杨世芳,龙华丽,等. 系统性、实践性、创新性——化工原理课程教学改革探悉[J]. 化工高等教育,2016(5):67-69,99.

[5] 吴选军,蔡卫权. 计算机辅助化工热力学教学的应用[J]. 化工高等教育,2016(5):96-99.

[6] 王振芳,陆维玮,任晓红,等. 化工原理课程建设与改革的几点经验和体会[J]. 化工高等教育,2006(1):46-47,20.

[7] 李忠铭,刘辉,路平,等. 制定地方院校化学工程与工艺专业教学计划的思考与实践[J]. 化工高等教育,2003(1):9-10,36.

[8] 朱清,张明珏,陆瞿亮,等. 化工专业应用性人才培养体系的改革与实践[J]. 化工高等教育,2016(5):54-57.

[9] 钱慧娟,石祥瑞,高清河,等. 化工工艺学课程的教学改革与实践[J]. 化工高等教育,2015(6):54-56.

[10] 胡秀英,文颖频,姚鹏飞,等. 工程教育专业认证背景下化工原理实验教学改革探索[J]. 化工时刊,2018(2):44-46.

[11] Rodrigues A, Cussler E L. Teaching chemical

product design[J]. Education for Chemical Engineers, 2016,14:43-48.

[12] 覃亮,邓德茹,马丽欣,等. 化工虚拟装配仿真培训系统的设计[J]. 计算机与应用化学,2016(6):685-688.

[13] 邱挺,黄智贤,叶钊,等. 化工仿真实习课程的教学实践与改革[J]. 化工高等教育,2012(5):56-58.

[14] 覃亮,邓德茹,王聪敏,等. 现代化工仿真技术的发展与应用[J]. 化工进展,2015(A1):18-21.

[15] 周爱东. 适应"三三制"培养模式的化工基础实验教学改革[J]. 中国大学教学,2016(5):85-87.

[16] 郑秀玉,李琼. 化工仿真实习教学的改革与实践[J]. 当代化工,2013(8):1105-1108.

[17] Li X, Huang Z. An inverted classroom approach to educate MATLAB in chemical process control[J]. Education for Chemical Engineers,2017,19:1-12.

[18] 吴雪梅,张述伟,潘艳秋,等. 构建适合工程教育实践的化工认识实习新模式[J]. 化工高等教育,2015(2):35-37.

[19] 郭芳,许俊强,李军. 地方高校化工专业人才培养模式的改革和实践[J]. 化工高等教育,2014(2):26-28.

[20] 刘雷,刘晓红,杨文. 新形势下毕业实习的教学与管理[J]. 化工高等教育,2006(5):38-40.

[21] Ragusa G, Lee C T. The impact of focused degree projects in chemical engineering education on students' research performance, retention and efficacy[J]. Education for Chemical Engineers,2012(7):69-77.

[22] 付广艳,郭树国,郭北涛,等. 地方高校专业特色建设的探索与实践[J]. 化工高等教育,2016(4):33-35.

[23] 廖婵娟,魏祥东,卢丽丽,等. 高校安全工程专业化工安全方向教学探析[J]. 化工高等教育,2016(3):44-47,51.

[24] Krishnan M S, Brakaspathy R, Arunan E. Chemical Education in India: Addressing Current Challenges and Optimizing Opportunities[J]. Journal of Chemical Education,2016,93:1731-1736.

[25] Luzardo N M M, Venselaar J. Bio-Based Targeted Chemical Engineering Education:Role and Impact of Bio-Based Energy and Resource Development Projects[J]. Procedia Engineering,2012,42:214-225.

[26] 杨贺勤,刘志成,谢在库. 绿色化工技术研究新进展[J]. 化工进展,2016(6):1575-1586.

[27] 纪红兵,康德礼,刘利民. 绿色化工园区规范化建设的研究[J]. 化工进展,2016(2):642-646.

[28] 陈日志,林陵,李卫星, 等. 基于学习兴趣培养的化工工艺课教学改革与实践[J]. 化工高等教育,2015(5):45-47.

[29] 黄格省,李振宇,王建明. 我国现代煤化工产业发展现状及对石油化工产业的影响[J]. 化工进展,2015(2):295-302.

[30] 严宗诚,陈砺,吴妙娴, 等. 工程教育专业认证背景下的化工专业工程教育培养机制探索[J]. 化工高等教育,2015(5):7-10.

[31] Charpentier J-C. What Kind of Modern "Green" Chemical Engineering is Required for the Design of the "Factory of Future"? [J]. Procedia Engineering, 2016, 138:445-458.

(上接第10页)

[2] 吴岩.新理念新标准新方法新技术高水平做好认证专家工作[R].工程教育专业认证专家培训会,2016.

[3] 工业和信息化部.工业和信息化部关于印发石化和化学工业发展规划(2016－2020年)的通知[Z/OL]. http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757017/c5285161/content.html.