

# 新工科背景下的“化工设计”教学实践和探索\*

于英民 李 军 侯影飞

(中国石油大学(华东)化学化工学院 山东青岛 266580)

**摘要:** 化工设计是化学工程与工艺专业最具综合性的一门课程, 其与工程实践联系紧密, 能够培养学生分析和解决复杂工程问题的能力。本文在对化工设计传统教学模式中普遍出现的问题进行分析和总结的基础上, 通过教学实践与改革, 引入高水平工程设计导师, 增强实践教学效果, 进一步地完善化工设计教学方法, 进而在不同层面上提升学生的设计能力和工程思维能力, 以达到满足符合新时代经济社会对人才质量要求的目的。

**关键词:** 新工科 化工设计 教学实践

**中图分类号:** G642 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.46.091

2016年6月, 我国工程教育专业认证体系实现国际实质等效, 为深化工程教育改革提供了良好契机。教育部2017年印发了《关于开展新工科研究与实践的通知》, 决定从新工科的内涵特征、新工科建设与发展的路径选择等多方面开展研究与实践。深化工程教育改革, 建设工程教育强国, 主动服务国家战略需求, 主动服务行业企业需要, 探索形成中国特色、世界水平的工程教育体系, 有益于促进我国从工程教育大国走向工程教育强国, 对服务和支撑国家经济转型升级意义重大。

作为传统工科的化学工程专业, 仍然在国民经济中发挥着基础性的重要作用, 但是, 必须认真思考“传统工科人才培养方式”应该如何满足国家的产业转型升级换代和新支撑产业培育与发展的要求, 通过不断探索与实践, 实现教育理念、模式和人才质量的提升, 培养多元化、复合型、创新型的工程人才<sup>[1]</sup>。

## 一、化工设计课程教学现状

化工设计是化学工程专业的一门必修课, 在整个化工类专业教学体系中, 具有举足轻重的作用。该课程以化工生产装置的工艺设计为重点, 讲述化工设计的基本内容、方法和程序。其具体包括: 工艺方案确定及工艺流程设计; 物料衡算、能量衡算及设备工艺设计; 车间及设备布置设计; 工艺专业与非工艺专业的关系; 设计文件的编制及各类工艺图的绘制与识读方法等。该课程对综合性和实践性要求较高, 需要学生熟练掌握和灵活运用化工热力学、分离工程、化工工艺学以及系统工程等理论知识, 并且具有一定的工程实践经验, 能够基于大量基础数据对实际生产装置和系统进行设计

和优化。此外, 化工设计工作要求学生在掌握化工专业基础理论的基础上, 进一步地掌握流程模拟计算、化工仪表及自动化、工程制图、环保安全以及财务等理论知识, 要求能够识别和分析复杂化学工程问题, 针对特定需求的石油化工系统、单元(部件)或工艺流程一责任关怀为原则, 综合考虑安全、环保等因素, 提出合理的、具有创新性的解决方案。

该课程主要以理论教学为主, 4-6周的课程设计为辅。许多高校会在毕业设计中开展15-17周的化工设计相关课题, 以增强学生的化工设计实践能力。随着工程教育专业认证的深入, 建立以学生为中心、以能力为导向、持续改进的教学体系成为必然选择。我校对于化工设计课程的教学大纲、考核方式、培养模式等多方面进行了不断改革和探索, 并于2008年顺利地通过了化学工程与工艺专业的认证。

当前, 我国正在针对新能源、5G、芯片、智能制造、物联网等领域进行全力布局。这些新兴产业的蓬勃发展和传统产业的转型升级, 将释放出大量的人才需求, 创造出一大批高质量就业岗位。工科高等教育在培养出大量工程技术人员的同时, 也面临着一个困境: 高精尖人才供给不足及供需错配。化工技术人员的综合分析能力、科技创新能力和工程应用能力欠缺, 无法满足新时代条件下的社会需求。因此, 如何培养工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型“新工科”化工专业人才, 成为专业建设和教学改革必须思考的问题。

## 二、传统教学模式中存在的普遍性问题

传统的教学以理论讲授为主, 采用从教材到教材、以教师讲授为主的模式, 无法做到全面透彻地展现复杂系统的实

\*基金项目: 2020年度第二批新工科研究与实践项目“基于新旧动能转换的高端化工产业学院建设探索与实践”(E-HG-ZY20202019); 2021年度山东省本科教学改革研究重点项目“化学工程与工艺专业虚拟教研室建设探索与实践”(Z2021085)。

际工程问题；此外，学生只是生硬地掌握教材中的知识点，却很难理解这些基础理论的本质和内涵，更难以具备合理运用各类知识，从而有效地解决复杂工程问题的能力。即使是在化工设计的实践教学环节中，也常常由于技术数据保密等原因，难以获得真实有效的实际生产基础数据，那么，在此基础上，开展的化工设计也常常是为了设计而设计，成为空中楼阁。

鉴于化工设计的教学特点和实际情况，许多高等院校开展了多种形式的教学改革与实践，在取得较好教学效果的同时，仍然存在以下主要问题。

(1) 对基础理论的理解和运用能力较弱。作为化工专业本科教育阶段最具复杂性的化工设计工作，涉及化工原理、反应工程、化工热力学、化工仪表与自动化、系统工程、能量利用原理等本专业知识，以及安全、机械，甚至财务等跨专业知识，学生虽然已经完成了这些基础理论课的学习，但是大多局限于了解和应试解题，还不能真正地理解和掌握理论的本质，在面对实际生产问题时，无法进行有效分析和灵活运用。在设计过程中，常常会出现面对复杂工程问题时理不清头绪，陷入无从入手的困境。

(2) 知识碎片化，整合度不够。化工工艺设计是一个高度综合性的实践过程，需要设计人员时刻考虑多种技术及非技术因素的影响，根据特定的化工生产任务，在多重约束条件下，综合地运用多学科知识来评判装置规模、生产工艺与设备、物耗能耗、产品规格、经济成本、三废处理等多方面指标，从而提供最佳的合理解决方案。然而，在实际进行化工全流程设计过程中却很容易出现只顾一点，不顾全局，导致整个设计虽然在工艺上可行，但是却并不合理也不优化的问题。

(3) 工程实践经验匮乏。由于高校教学的特点，学生普遍缺乏参与化工生产进行锻炼和学习的机会，导致在面对复杂的化学工程问题时，无法做出正确分析和判断。比如，学生能够准确计算机泵、换热器等设备的工艺参数，却在特定条件下不能正确地选择设备选型；能够计算基础物能数据和设备工艺参数，却仍然无法设计出合理的化工设备型式的情况。

(4) 辅助性知识和技能储备不足。在化工设计过程中，需要用到大量的辅助性工具（化工过程模拟软件、设备设计软件以及制图软件等）来提高工作效率<sup>[2]</sup>，此外，还要求具备一定的安全、法律法规、财务等方面的知识。这些都需要学生在课余时间进行自学，对于学生的学习积极性和主动性要求较高。从教学效果和多年化工竞赛的作品来看，学生对

此类非专业必修内容的重视程度不够，主动学习掌握的意愿不强，多数只能做到简单运用或者照猫画虎模仿，无法很好地提升工作能力。

(5) 设计实践时间短，锻炼机会少。化工设计需要在完成多门基础理论课程的基础上才能开展，主要设在大三下学期或者大四上学期，设计时间较短，多数高校也没有或者少有外出企业进行学习和生产实习机会。此时，学生普遍面临着择业和考研，也常常无心钻研和打磨设计作品，更浪费了难得的实践机会。

### 三、化工设计教学改革实践

针对上述化工设计教学实践中的问题，国内多所高校开展了多种针对化工设计或毕业设计的教学研究：华东理工大学提出“工程教育理念引领创新人才培养模式”，采取举办教师工程设计能力培训班、教师走进企业传授毕业设计技巧等方法；辽宁石油化工大学开展了“TERM Project”的新型教学模式，通过“讲-论-转-练”的形式，提高学生工程实践能力；武汉大学提出“以团队为中心的项目学习型毕业设计教学方案”，实现对学生的一体化通识教育与分层次差异化培养。

作者所在的中国石油大学（华东）也在教学内容和教学模式进行了多种实践和研究。

#### 1. 走出去，引进来，提高指导教师专业技能

鉴于化工设计实践性强的特点，需要具有理论知识扎实和丰富工程实践能力的指导教师团队。我校多年来坚持选派年轻教师前往设计院和生产企业进行长期学习和培训，鼓励教师从事化工技术开发与应用转化的科研项目，积累经验，增强教师的工程实践能力；同时，积极与中石油设计院合作，邀请常年从事项目管理、工艺设计、配管及安全等方面的专业人员来校为本科生授课，交流经验。在化工设计选题时，强化设计内容与实际生产的关联，力争做到来源于实际，服务于生产，为学生配备学校和企业双导师，让企业导师参与到化工设计的指导和培养过程中。

#### 2. 充分利用典型案例，培养学生主动学习能力

在教学方法上，我校充分利用典型的化工设计案例进行剖析和研究，引导学生体验完整的生产装置设计过程，让学生进行分组讨论，分工协作，发挥各自的优势，充分表达自己的设计思路和观点，在不断地提出问题、发现问题和解决问题中，提高学习兴趣，丰富设计经验。在此基础上，开展翻转课堂，以学生为中心，改变填鸭式教学的弊端，将学生由被动学习变为主动求知，激发学生的积极性和主动性，锻

炼其自主学习能力和独立思考的能力。通过经典案例,学生能够理解化工设计内涵,欣赏工艺设计的魅力,进而跳出专业的局限,以更积极主动的态度去学习和掌握多学科知识和技能,扩展视野,充实信息量,成为高素质、多元化、复合型工程人才<sup>[3]</sup>。

### 3. 以化工设计比赛为契机,以赛代练,丰富学生综合知识

利用各类化工设计比赛为契机,开拓视野,增加实践和锻炼机会<sup>[4]</sup>。通过设计比赛,学生可以深入参与一个化工项目的全流程设计工作当中,全面考虑原料、主/副产品、能耗、物耗、投资、污染、安全等诸多实际因素,既是一次挑战和锻炼的机会,也是对课堂教学非常有益的补充。鼓励和引导学生积极地参加化工安全设计大赛、全国化工设计大赛等活动,以赛代练,在竞争更加激烈和应用性更强的比赛中,交流学习,提升技能,体验到团队合作和学以致用乐趣<sup>[5]</sup>。

### 4. 理论知识与生产实习相结合,体验工程设计的魅力

在教学体系规划方面,不断地促进化工设计课程与实践实践教学环节的融合<sup>[6]</sup>。在大二学年的认识实习和大三学年的生产实习中,由经验丰富的老师将课本知识与现场所见的生产设备、工艺流程、安全设施等结合起来,实现学生在现场实习中边看边学,对实际生产装置从感性认识过渡到理性认知。这些经历让学生更切实地感受到专业知识与企业生产的紧密联系,对今后的化工设计更是弥足珍贵。<sup>[7]</sup>

### 5. 从生产实践中来,到生产实践中去,理解化工设计的本质

化工设计的最终目标是面向生产应用和企业需求的,从生产实践中来,到生产实践中去,才能真正地理解和掌握化工设计的内涵和本质<sup>[8]</sup>。借助我校与京博控股集团、烟台万华化学集团等企业合作的教学实训和科研转化基地,依托企业资源,以解决实际生产中的技术难题为目标,进行化工毕业设计的选题。学生通过在化工生产车间现场工作和学习,运用所学知识与企业技术人员分析和探讨技术问题,寻找合理的解决方案,最终完成整个毕业设计过程。设计作品评判和答辩也在企业现场进行,由指导教师和技术人员共同审阅和点评。在更靠近生产,更贴近实战的学习环境中,能够把化工设计的知识学懂会用,进而对化工专业有更深刻理解。

### 结语

化工设计是学生实现理论联系实际的重要通路,是帮助

学生从课堂走向实际生产实习,从学生蜕变成工程师的重要桥梁。在国家持续推动创新驱动发展,推动实施“中国制造2025”“互联网+”的大背景下,以新技术、新业态、新模式、新产业为代表的新经济蓬勃发展,对工程科技人才提出了更高要求。这就要求打破原有的“课堂、教材、教师为主”的传统培养模式,以学生为中心,以社会需求为导向,多方面地培养学生的工程能力和创新思维,培养团队协作精神,增强工程设计与实践能力,积极地探索适应新时期化工专业人才需求的教学方式,更新教育理念,更好地为培养多元化、创新型卓越工程人才服务。

### 参考文献

- [1]彭啸,吴燕,张晨曦,李沁然,闫方友.化工设计课程的教学改革与实践[J].中国轻工教育,2019,(01):81-85.
- [2]魏庆玲,丁元生,张连中.应用化学专业化工设计课程教学改革与实践的探索[J].化工时刊,2020,34(12):57-58.
- [3]左广玲,叶红勇,吴可量,宋伟,罗建成.化工设计课程思政教学研究与实践[J].化工设计通讯,2021,47(05):132-133+146.
- [4]姚月,樊志,王耀环,郝庆兰.“课-赛”融合的化工设计类课程教学模式改革实践[J].中国轻工教育,2019,(05):79-82+96.
- [5]于红,韩昌亮,刘丹青.基于化工设计大赛的化工设计创新实践课程的探索[J].大学教育,2020,(01):68-70.
- [6]王成君,苏琼,孙初锋,王爱军,陈丽华.基于教学赛模式的《化工设计课程设计》课程的教学实践与探索[J].当代化工研究,2022,(13):138-140.
- [7]姚运金,陈浩,魏凤玉,张大伟,范小明,杨则恒.依托化工设计竞赛平台促进创新型人才培养[J].化工高等教育,2017,34(06):10-13+22.
- [8]范峥,牛梦龙,卢素红,刘菊荣,申志兵.以竞赛为驱动项目为依托的化工设计基础课程教改研究——以西安石油大学为例[J].大学教育,2022,(05):117-119.
- [9]褚松茂,李青彬,韩永军,王莉,田刚,徐伏,冯云晓.《化工设计》课程教学改革的历史发展及未来展望[J].教育教学论坛,2019,(52):107-108.

### 作者简介

于英民(1976—),男,汉族,山东济南人,博士,副教授,研究方向:化学工程与工艺。