

化工设计课程教学模式的改革探索与实践^{*}

——以广东石油化工学院为例

黄燕青, 陈 辉

(广东石油化工学院 化学工程学院, 广东 茂名 525000)

[摘要]针对我国应用型大学化工设计课程教学中存在的理论与实践分离的问题,文章以广东石油化工学院为例,从七个方面介绍了该校化工设计课程教学改革的举措,以期解决传统教学模式下的问题,提升学生的应用创新能力、工程设计能力和团队协作精神及教师的教学水平。

[关键词]应用创新型人才培养; 化工设计; 教学模式改革

The Reform and Practice of the Teaching Mode of Chemical Engineering Design Course in Guangdong University of Petrochemical Technology

Huang Yanqing, Chen Hui

(School of Chemical Engineering, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming, Guangdong 525000)

Abstract: In view of the disconnection between theory and practice in the current teaching mode of chemical engineering design course, taking Guangdong University of Petrochemical Technology as an example, this paper proposes seven aspects of teaching reform measures and practice to solve the key problems under traditional teaching mode, so as to improve students' application innovation ability, engineering design capabilities and teamwork spirit, as well as teachers' teaching level.

Key words: Applied innovative talents cultivation; Chemical engineering design; Teaching mode reform

[作者简介] 黄燕青(1990-),女,研究实习员;陈辉(1969-),男,教授,博士。

[通信作者] 陈辉, E-mail: 2544835006@qq.com。

^{*} 基金项目:广东省高等教育教学改革项目(2018年)“基于石油化工应用型创新人才培养,化工设计课程教学模式的探索与实践”;广东石油化工学院教学质量与教学改革工程建设项目(2017年)“化工设计竞赛对石油化工类产教融合人才培养模式促进作用的研究”;广东教育成果奖(高等教育)培育项目(2015年)“面向石油化工追求卓越的化工设计课程的创新教学与实践”;广东石油化工学院质量工程建设项目(2019年)“化工设计教学团队建设”。

随着我国化工行业的迅猛发展,国家对石油化工应用创新型人才的需求量越来越大,要求也越来越高。在化学工程和相关专业学科的教学中,化工设计是一门非常重要的面向实际的专业基础课,具有实战性、应用性、综合性强的特点,涵盖化工工艺流程、化工厂生产装置的设计和建设等知识,主要使学生掌握在确保技术、经济、环保和安全可行的前提下,如何设计最佳的工艺技术路线,并通过工艺软件的模拟分析确定最优的工艺流程、工艺条件、设备选型、车间布置与全厂布局等^[1-2]。

一、我国应用型大学化工设计课程教学现状

目前,我国应用型大学中开设化工设计课程的学校有 100 多所。该课程网上共享资源偏少,课程教学中存在以下问题:理论与实践脱节;师资力量相对薄弱,主讲教师缺乏化工工程设计、咨询经验;课程内容多、难度大、教学时间有限;作业题内容单一,较少与先进的生产工艺接轨;课程考核方式不尽合理。

针对这些问题,本文以广东石油化工学院为例,介绍了该校通过借鉴国内外先进的工程设计理念与思想(如联合教学、团队作业、问题导向制、本质安全环保、集成创新、大工程观等),结合石化企业特有的生产与运营特点,与中国石化茂名分公司、茂名瑞派石化工程公司等生产设计企业合作进行化工设计课程教学改革的具体举措。历经 8 年的补充完善,该校化工设计课程的教学水平迈上了一个新台阶。

二、化工设计课程教学改革探索与实践

(一)创新教学方法与手段,提升学生创新思维和工程技能

为了实现课堂教学与实践相结合,我们在教学中采用“A+B+C”模块,充分利用校内教师与校外设计院资深工程师各自的优势,开展课堂联合教学和课外实践教学,采用启发式与开放式教学方法,结合课外大作业、全国性设计大赛、学校竞赛等,多层次、全方位提高学生的化工设计能力、创新思维与工程实践技能。

由于培养方案不断调整,目前我校化工设计课程共 48 学时,包括 32 学时的理论教学和 16 学时

的实践教学。面对课程内容多、难度大、学时少的现状,我们根据教学大纲和考试大纲,对内容进行了归纳,将理论教学内容分为几个专题,突出专题教学。专题包括设计题目及内容要求(2 学时),项目研究背景、市场分析、生产规模及产品方案(4 学时),工艺技术方案的对比与确定(4 学时),工艺流程图与自控方案(4 学时),物料与能量衡算(4 学时),设备计算与选型(4 学时),厂区与车间布置(2 学时),安全环保与“三废”处理(6 学时),财务分析(2 学时)。而在实践教学环节,我们主要为学生提供平台,让他们以小组形式汇报不同阶段的作业进展,同时穿插安排专题案例讲座。其中,本质安全等相关作业(12 学时)和期中汇报(4 学时)占用实践教学学时,而期末 PPT 答辩、全校化工设计竞赛答辩则属于课外活动。教师在讲授相关理论内容后,会以往年的优秀学生作业为例,一步一步引导学生完成化工设计作业。

以“工艺技术方案的对比与确定专题”为例,专题教学过程如下:

第一步,工艺比较和参数优化。教师在讲授如何对比及确定工艺技术方案的的相关内容后,强调三种(A、B、C)以上有代表性的生产工艺的对比,让学生综合考虑各种工艺技术、经济、环境、安全、社会等因素,以工艺为龙头,在设计装置全生命周期内比较不同工艺在技术、经济、安全、“三废”处理等方面的优势,最终筛选出技术先进、流程短、污染少、安全可靠、投资费用低、运行和维护费用少的技术路线,并在此基础上进行参数优化。

第二步,工艺条件对比。以往年作业“年产 35 万吨异丙苯/苯酚/丙酮一体化项目设计”为例,教师先介绍以丙烯生产异丙苯的工艺(固体磷酸法、Mobil/Badger 气相法、Lummus Crest Unocl UOP 液相法、SCD 催化精馏法)和拥有异丙苯生产苯酚/丙酮工艺技术的企业(ILLA 公司、KBR 公司、UOP 公司),然后将各工艺反应机理、工艺流程图、工艺流程说明、工艺技术参数、催化剂、主要反应和分离设备、产品质量、“三废”处理、能耗、核心竞争力、优缺点等内容进行汇总分析,并列表对比,如表 1 所示。

表1 各工艺生产异丙苯的操作条件及一般指标的比较

项目	固体磷酸法 SPA ^[3]	UOP Q-Max 工艺 ^[4-5]	悬浮床催化蒸馏 SCD 工艺 ^[6]	Mobil/Badger 气相法 ^[7-8]
反应温度	180~230℃	200~240℃	80~100℃	烃化反应器 130℃,反烃化反应器 220℃
反应压力	3.0~4.1MPa	3.5MPa	0.05MPa	烃化反应器 2.1MPa,反烃化反应器 3.5MPa
苯与丙烯的摩尔比值	5~7	4~6	1.53~3.06	3
催化剂类型	硅藻土负载固体磷酸	MgAPASO-31沸石催化剂	负载型磷钨酸	MCM-22 分子筛
总收率(以苯计)	94.7%~96%	99.7%	97%	99.7%
异丙苯选择性	95%	99.7%	99.9%	99.97%

第三步,工艺路线选择。通过对比可以发现, Mobil/Badger 气相法工艺将液态苯汽化到较高温度下进行反应,该工艺能耗较大,易生成副产物,且产生的废水较多,所以不宜选用;SCD 工艺虽然反应温度和反应压力很低,能耗较小,且所采用的负载型杂多酸催化剂对于烯烃与苯烷基化反应具有低温活性高、选择性好、环境友好等优点,但该工艺尚处在研究阶段,并未实现工业化,所以也不能选用;鉴于 UOP 工艺具有流程简单、设备可使用碳钢材料、投资费用低、异丙苯的选择性高、收率大于 99% 等优点,所以,该工艺可以作为丙烯和苯生产异丙苯的技术路线,但需进行局部改进创新。而对于异丙苯生产苯酚丙酮的工艺部分,对比发现各工艺的流程大体相同,一般由异丙苯氧化单元、CHP 提浓单元、浓 CHP 分解单元、分解反应液中和单元、丙酮精制单元、苯酚精制单元、AMS 加氢单元构成。因此,学生在设计时可结合各工艺、各单元的优缺点,选择先进、高效、节能、环保的工艺,形成自己的组合工艺。

在案例教学环节,教师可以石油化工实际问题为导向,采用麻雀解剖法和洋葱理论,将其分解为多个小问题,让学生分组查找相关工艺资料,并

在讨论课上分析汇报各种工艺的优缺点。其他同学就发言同学的见解进行讨论,提出改进方案,最后由教师进行总结,把多个细小问题还原为实际工程问题,确定一个较为完善的解决方案。这种互动式教学可以帮助学生开动脑筋,提高分析问题和解决问题的能力。教师也可以在讨论中受到启发,从而达到教学相长的目的。

(二)理论与实践相结合,全过程培养和强化学生的安全与环保意识

为了突出本质安全和环保在设计 and 生产运行过程中的重要性,我们会对石油化工装置生产过程中发生的安全、环境事故案例进行讲解与分析,并开展安全评价方法的专题教学。另外,我们还会邀请设计院的资深工程师讲述重大危险源识别、危险化学品重大危险源分析、工艺安全阀的设定、安全仪表报警系统(SIS)、工艺预先危险性分析(PHA)、危险性分析与可操作性研究(HAZOP)、安全完整性等级分析(SIL)等内容,以期使学生牢固树立安全第一的设计理念。

开展环保专题讲座有助于学生深刻认识“绿色化工”“清洁生产”“源头控污、过程控制优化、末

端治理”等可持续的化工设计理念。为此,我们通过案例重点分析环境风险评价,污染源来源、组成与治理,并对“三废”和噪声治理工艺进行对比分析,同时介绍国家和行业最新污染物排放标准等内容,以凸显“环保优先、绿色先行”的设计思想。安全评价、环境评价、“三废”处理报告内容可以作为学生大作业考核的重要组成部分。

(三) 强化应用计算机辅助设计能力的培养

随着科学技术的飞速发展和计算机技术的广泛应用,在化工设计中运用现代设计方法变得越来越重要。我们在教学中鼓励学生应用 Aspen Plus 软件进行工艺流程模拟与优化,并强化工艺设备设计变量规定、换热集成等现代工具的使用;通过讲述 AutoCAD 绘制图纸要点、图纸标准规范和注意事项,让学生了解如何使用 3D Plant、PDmax 等三维建模软件进行设备布置或工厂外观的设计等,以期提高学生应用计算机辅助设计的能力。

(四) 以赛促学,以赛促改,提升学生应用创新能力

我们积极组织并指导学生参加国家、华南赛区及学校的各类化工设计或化工安全设计比赛,以赛促学、以赛促创,全方位提升学生的创新意识、安全思维、工程设计能力及团队协作精神。通过参加竞赛,学生由被动学习和接受知识转变为主动应用知识和创造知识,由个体学习过渡到团队合作。以赛促学、以赛促教、以赛促改,有利于提高化工设计课程的教学水平。

(五) 建设课程网站,加强师生互动

我们建设了化工设计课程网站,包含针对目前行业研究热点的化工设计题库、化工设计优秀作品库、化工设计案例分析、课程作业、疑难解答、软件教学示例、师生互动、问题反馈与建议等模块,形成了较为丰富的资源库,为学生学习和教学实践创造了良好的平台,有助于加强师生的交流互动,达到教学相长的目的。

(六) 改革课程考核方式,细化考核方式和内容

改革课程考核方式,细化课程各阶段的考核

方式和内容,有助于实现课程的多层次、全过程、规范化考核。化工设计课程考核采用平时作业、课堂作业、课堂提问、小组阶段性汇报、期中汇报、期末作业质量、PPT 答辩相结合的方式。其中,小组阶段性汇报每三周进行一次。化工设计大作业以 5~6 人的小组为单位进行,每组设组长 1 名。教师以国内外新型开发工艺技术为背景布置题目,每组题目各不相同。根据设计任务书要求,大作业涵盖可行性报告、工艺流程图、仪表与管道控制图、设备条件图、设计说明书、财务分析、环境影响评价、安全预评价、“三废”处理等内容。大作业采用 PPT 答辩的形式进行考核,除教师点评外,学生也可以互相提问、交流并进行评分。学生评分所占权重为 30%,教师集体评分所占权重为 70%。互评有助于学生认识自己的长处与不足,实现共同进步。

(七) 跟踪教学效果,分析教学目标达成度

除了教师考核学生,学生也可以考核教师。学生可从授课方式、授课方法、授课重点和难点等方面对教师的教学进行评分,并提出改进建议。同时,教师会跟踪学生的反馈意见,了解学生在设计过程中遇到的共性问题,有针对性地予以解决。

课程结束后,教师会根据学生期末成绩,对照教学目标进行达成度分析,撰写课程总结,将其与教学大纲、授课计划、教案(教学设计)、设计作业、评分表、上课记录等资料整理形成完整的课程教学档案。

三、教学改革成效

(一) 学生的学习主动性得到提高

通过设置课堂讨论环节,并配合案例启发式教学及灵活的考核方式,教师引导学生带着问题查阅文献,使组内形成了良好的交流环境,使小组之间形成了“你追我赶”的学习氛围,充分调动了学生学习的主动性,真正实现了学生从“要我学”到“我要学”的转变。

(二) 学生综合素质大幅提升

通过以赛促学提升学生的综合素质,已经成为一种常态。我校自 2013 年起指导学生参加全

国大学生化工设计竞赛,至今已连续7年获得全国总决赛一等奖。据统计,我校学生参加过全国大学生化工设计竞赛、全国大学生化工安全设计竞赛、首届“新佑杯”工程设计竞赛等众多赛事,并获奖96项,参与人数超过630人次。我校为中国石化、中国石油及地方企业培养了近1200名石化应用型人才,他们深受用人单位好评。“创新精神强、工程实践能力突出、综合素质高、团队协作好”已经成为我校毕业生的品牌形象,为我校连续两次顺利通过教育部化学工程与工艺专业认证做出了积极贡献。

(三)教师的教学水平和教学质量得到提升

随着课程改革措施的逐步完善,教师的教学水平和教学质量也有了很大提高。近年来,在每学期期中、期末两次学生评教中,学生对课堂理论教学的互动性、实效性及学生能力培养方面表示满意,学生评教分数平均在90分以上。

四、结语

广东石油化工学院经过8年的教学改革探索,采用“案例和专题教学+学生辩论+小组大作业+跟踪反馈+以赛促学”的教学模式,充分激发了学生的学习兴趣 and 主动性,提高了学生的课程

学习效果,有效地提升了学生的创新思维、工程设计能力、实践技能和团队协作精神,培养了一大批国家急需的化工应用型创新人才。

(文字编辑:孙昌立)

参考文献:

- [1] Gavin Towler, Ray Sinnott. Chemical Engineering Design[M]. New York:Elsevier Inc,2008:2-3.
- [2] 王静康.化工过程设计[M].北京:化学工业出版社,2006:4-5.
- [3] 王永健.异丙苯法苯酚丙酮清洁生产技術[M].北京:中国石化出版社,2009:21-27.
- [4] UOP Inc. Discrete molecular sieve and use in aromatic-olefin alkylation: US5434326[P].1995-07-18.
- [5] UOP Inc. Modified zeolite beta, processes for preparation and use thereof: US5522984[P].1996-06-04.
- [6] 中国石油化工总公司,中国石油化工总公司石油化工科学研究院.二氧化硅负载杂多酸催化剂、其制备及应用:CN98101479.8[P].1998-05-19.
- [7] Mobil Oil Corp. Process for preparing short chain alkyl aromatic compounds: US5453554[P].1995-09-26.
- [8] Mobil Oil Corp. Process for preparing short chain alkyl aromatic compounds: US5557024[P].1996-09-17.