

# 基于课程群建设的化工过程设计课程教学改革

刘赫扬,成 忠,王士财,朱春风,王永江,杨瑞芹

(浙江科技学院 生物与化学工程学院,杭州 310023)

**摘 要:** 化工过程设计是一项具有高度综合性与实践性的活动,静止、孤立的传统教学模式已无法满足高层次现代化工人才的培养需求,必须对其加以改革。为此,结合化工过程设计的特点,探讨了借助教学内容整合优化、教学模式更新丰富和考核手段转变拓展,建立以化工过程设计为中心的课程群的改革方向。结果表明,化工过程设计理论与实践课程群的建立,有效地促进了专业课程的有机融合,显著地提高了教学水平。

**关键词:** 化工过程设计;教学改革;课程群

中图分类号: G642.0;TQ062

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2012)06-0500-05

## Teaching reform in curriculum group construction of chemical engineering process design

LIU He-yang, CHENG Zhong, WANG Shi-cai, ZHU Chun-feng,  
WANG Yong-jiang, YANG Rui-qin

(School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,  
Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Chemical engineering process design is a comprehensive practical activity. The traditional teaching mode, which is usually isolated and static, has not been able to meet the cultivating demands of high-level modern professional chemical engineers. According to the characteristics of chemical engineering process design, the reform, including the teaching contents, the teaching style and the test method, is discussed. The results show that the construction of the curriculum group of chemical engineering process design can efficiently promote the organic integration of the specialized courses and remarkably improve the teaching effect.

**Key words:** chemical engineering design; teaching reform; curriculum group

收稿日期: 2011-06-20

基金项目: 浙江科技学院教学研究项目(2010 I A-a02, 2009 I B-C02); 浙江科技学院重点建设课程(教务处[2010] 30号); 浙江科技学院引进国外课程项目(教务处[2012]12号)

作者简介: 刘赫扬(1979—),男,江苏省苏州人,讲师,博士,主要从事化学工程及高分子材料方向的教学与研究。

化工过程设计是以化工厂生产装置的建设及改造为目的,在综合考虑先进性、安全性及经济性的基础上,设计出最佳生产流程,并根据流程特点选择合适的过程设备,再辅以合理的管道布置和车间/工厂布局,从而实现由科技向生产力转化的重要环节<sup>[1]</sup>。随着国民经济的飞速发展,中国在化工领域取得了一系列的标志性成果,化工过程设计水平也日趋提高,现已接近国际先进水平<sup>[2]</sup>。化工过程设计的发展进步使高校化工过程设计课程越来越受重视。由于化工过程设计是一项实践性很强的活动,需要与现实化工生产对象紧密联系,因此传统课堂教学模式已无法满足高层次现代化工人才的培养需求。同时,化工过程设计具有高度综合性,是对化学工程与工艺专业知识的集中运用,对各部门专业课的串联起到纽带作用。

根据浙江科技学院(以下简称浙科院)“培养具有创新精神、实践能力和国际素养的高素质应用型人才”的办学特色,结合“化学工程与工艺”国家特色专业和卓越工程师教育培养计划试点建设专业的建设目标,近年来,笔者以提升化工过程设计课程理论与实践教学质量为目标,以化工过程设计为核心,以化工设计、化工过程设备设计与选型、化工过程分析与合成、化工过程控制与自动化及化工安全与环境这些专业课程为要素,并融入多门其他相关课程,在教学内容的整合与优化、教学模式的更新与丰富,以及考核手段的转变与拓展等方面开展了一系列教学改革与实践,努力打造特色鲜明的化工过程设计理论与实践课程群,在培养高素质应用型化工工程人才方面取得了一定的成效。

## 1 教学内容的整合与优化

化工过程设计是把一项化工过程从设想变成现实的一个建设环节<sup>[3]</sup>。为了实现这一目标,需要很多专业理论与之配合。例如,化工原理研究化工过程中具有共性的基本单元操作,化工热力学探讨化工过程中的能量转化规律及平衡极限,化学反应工程分析化工过程的反应速率及放大效应,化工机械负责化工过程中的过程设备设计与选型,化工安全针对化工过程中的安全问题,化工过程控制与自动化关注化工过程中的自动控制,而化工过程分析与合成则围绕化工过程中的系统工程问题。事实上,化学工程与工艺本科专业几乎所有专业课程都与化工过程设计有着或多或少的内在联系。然而,由于化学工程与工艺本科专业的各门专业课程通常单独制订教学计划和教学大纲,彼此之间难免顾及不够,因此常常会出现教学内容或孤立割裂或重复雷同的弊端,致使教学效果大打折扣。

例如,原先化工原理的课程设计部分一般要求学生设计一个单元操作设备,包括工艺计算、设备尺寸计算、设备材料选择及CAD制图等基本步骤;同时,化工设备机械基础的课程设计部分则常以单元操作设备为设计对象,根据已知的工艺参数进行设备尺寸计算、强度计算、结构设计及CAD制图等。虽然前者侧重于工艺及设备尺寸计算,后者侧重于强度及结构设计,但仍存在许多重复雷同的内容。从教学质量来看,化工原理课程设计结果常常由于学生对单元设备概念不清,对过程设备常用材料及其标准化缺乏了解,而仅仅是纸上谈兵;化工设备机械基础课程设计结果则由于学生对单元设备工艺参数概念不清,考虑问题时与工艺计算脱节,也常大大偏离实际。此外,由于设计工作量大、时间紧,因此经常出现设计作品粗糙敷衍的情况,最终导致借助课程设计这一实践环节达到强化应用型工程人才培养的目的受到了很大影响。

从化工过程设计的角度来看,无论是化工原理课程设计还是化工设备机械基础课程设计,都属于化工过程设计中必不可少的环节,两者虽各有侧重却又相互依存。近年来,笔者引入模拟设计项目,将上述两门课程设计融入化工过程设计全流程。例如,以合成甲醇分厂为模拟设计对象,要求学生根据化工原理、化工热力学、化学反应工程、化工过程控制与自动化、化工过程分析与合成及化工安全理论知识,对合成甲醇生产进行工艺流程设计与模拟计算,再结合化工原理与化工设备机械基础完成设备选型与典型设备设计,并在此基础上从化工安全、设计规范等角度出发,对设备空间布置进行合理设计,继而完成厂区总平面布置,最后编制初步设计说明书。教学内容的这一改革,不仅为上述两门课程设计提供了统一的平台,解决了两者间原先存在的孤立割裂和重复雷同问题,还有助于学生通过经历化工厂初步设计全过

程,对化工过程设计形成系统的认识,培养学生综合运用化工专业基础理论解决具体工程问题的能力,实现专业课程间的有机结合,提升教学质量。

此外,随着计算机技术的不断进步,越来越多的现代设计方法被引入到了化工过程设计的各个环节中。因此,笔者还立足于工程技能训练,充分加强化工流程模拟、化工设备设计和工厂布置设计方面现代设计方法的教学内容。例如,笔者引进了 ChemCAD 这一流程模拟软件,指导学生对工艺流程进行模拟计算,大大缩短了设计耗时,提高了设计效率。同时,笔者还加强了利用 Intergraph Smart Plant 3D 软件进行化工装置的三维建模设计,使用 AutoCAD 绘制化工流程图、设备装配图、车间布置图、工厂总平面图的技能训练。实践表明,先进设计软件的引入,对于培养具有创新精神、实践能力和国际素养的高素质应用型人才很有裨益。

经过近几年的实践,初步形成了化工过程设计理论与实践课程群的基本模式(表 1)。该模式按照化工过程设计的基本流程进行模块细化,并将各部分知识模块划归入对应的专业课程,各门专业课程在原有教学大纲的基础上进行合理取舍,实现了教学内容的整合与优化。

表 1 化工过程设计知识模块及其对应课程

Table 1 Knowledge modules of chemical engineering process design and corresponding courses

知识模块	对应课程(学时)	知识模块	对应课程(学时)
工艺流程设计依据	化工设计(2)	概念设计结果表达	化工设计(4)
物料/能量衡算	化工设计(14)	流程细化与表达	化工设计(8)
流程模拟软件应用	化工设计(28)	过程设备设计	设备设计(32)
稳/动态模拟分析	过程分析与合成(10)	自控、安全等非工艺	化工设计(8)
反应途径合成	过程分析与合成(6)	设计项目处理	过程控制(32)
分离过程合成	过程分析与合成(6)		化工安全(20)
换热网络设计	过程分析与合成(6)	车间及总图设计	化工设计(6)
化工过程优化设计	过程分析与合成(14)		化工安全(12)
主要设备初选	化工原理(12)	初步设计结果表达	化工设计(10)
公用工程规格估算	化工设计(4)	施工图设计	化工设计(12)

2 教学模式的更新与丰富

化工过程设计本质上是一门基于理论指导的实践教学课程,理论教学终究是为实践教学服务的。同时,构成化工过程设计课程群的各门课程特点不一。例如,化工过程分析与合成主要讲授化工过程系统模拟与分析的基本概念与原理,建立化工单元操作与过程系统数学模型及流程模拟的基本方法和过程系统综合与能量集成的基础知识与策略,内容上偏重于数学分析;化工安全与环境则主要讲授危险化学品的储运、管理和处置,危险评价方法的确立,常见化工安全技术,安全与环境保护管理等方面的规范及标准,包含许多法规、标准及规范方面的内容<sup>[4-5]</sup>。因此,化工过程设计的教学模式必须与一般的基础理论课程有所区别。如果只讲授理论不关心应用,教学时则容易陷入枯燥乏味的境地;而过分强调应用,则易导致理论基础薄弱的后果。

2.1 引入案例教学模式

笔者引入了案例教学模式,将理论教学内容依托于工程实际案例,鼓励学生对案例进行分析、研究和讨论,就问题做出判断和决策,从而提高分析问题和解决问题的能力<sup>[6]</sup>。例如,在讲授化工过程分析与合成课程的动态模拟部分时,以甲苯单硝化间歇反应器放大模拟、热危害分析及反应器失控模拟为教学案例,模拟放大过程中由于热效应而导致的反应器内温度在短时间内超限这一动态过程,提出将反应方式改为半连续操作这一解决方案,并分析了其可行性。在此基础上,探讨了控制阀故障、搅拌器故障、控制系统失效等冷却系统失效状况下反应器的失控过程。再比如,讲授化工安全与环境课程的系统安全评价与分析方法时,以氯乙烯悬浮聚合生产聚氯乙烯过程中可能发生的反应失控聚合釜爆炸事故为对象,明

确了爆炸原因应为体系压力超过聚合釜承受能力,继而分析出导致该事件发生需同时满足的反应压力异常升高、泄压失效和紧急处理系统失效这三个原因,再递进分析出导致反应异常压力升高的原因是温度过高、搅拌停止或引发剂过量,而紧急处理系统失效的原因则为计算机控制失效或加终止剂系统失效,由此层层深入,研究了反应失控聚合釜爆炸的多层次原因,从而使学生掌握事故树分析这一安全分析方法。案例教学因为具备生动性、趣味性和应用性等特点而深受学生喜爱,学生通过案例可以很好地理解和消化所学理论。

## 2.2 引入建构主义学习理论

笔者引入了建构主义学习理论<sup>[7]</sup>,主张学生在自我学习的基础上建构知识,而不是由教师把知识简单地传递给学生。例如,在化工过程设计课程的实践环节,采用面向模拟设计项目的教学过程。同时,参考国外优秀大学对专业课程的教学模式和教学资料的使用方式,笔者不指定专用教材,而是提供一组包括国内外优秀教材和工具书在内的参考书目,并加强了课程网站的建设,利用 Blackboard 网络教学平台制作了网络课程,添加了多媒体课件、参考资料、习题答案、模拟测试题和学生优秀作品等教学资源。实践证明,此方法针对性地打破了以往学生死记硬套教材的应试学习方法,有利于培养学生养成文献调研的习惯,有效锻炼学生面对海量信息时的决策能力。

## 2.3 设计协作学习环境

同时,笔者还设计协作学习环境,使学习者在个人自主学习的基础上通过小组讨论、协商,形成自我反馈,从而培养其发现问题、解决问题的能力。在学习组织形式上为了实现学习过程的协作,采取项目组合作承担项目的工作方式,将全班学生分成每组 4~5 人的若干小组,每个小组承担一个项目,从而培养学生的团队工作精神和组织领导能力。例如,在题为“设计一座合成甲醇分厂”的设计任务中,通常包括项目市场调研、经济评价、工艺流程设计、过程设备设计、非工艺项目处理、工厂布置与总平面图设计、设计说明书编制及施工图绘制等环节,学生需要以项目组为单位进行工作学习,在交流讨论、分工合作中完成设计项目。由于笔者选用了比以往限制条件更少的开放性课题(如上述“设计一座合成甲醇分厂”,几乎没有任何限制),给学生提供了更大的独立思考空间,设计作品中也更多地体现出了学生的创新意识:学生会在对现有工艺路线进行分析的基础上做出不同的选择,甚至还会利用所学知识对其进行改进优化,形成一条新的路线。当然,学生由于知识单薄、经验缺乏,且设计工作本就繁复,因此其设计结果难免存在诸多漏洞甚至错误。为了避免设计徒有形式而无实际价值,笔者一方面在整个设计过程中随时解答学生疑问,另一方面对学生提交的作品进行仔细查看,并要求学生以成果汇报的形式对其设计作品进行展示,期间接受教师与同学的质询,从而在最大程度上保证了项目教学的效果。这种教学模式,有助于学生建构起对知识更高层次的、更系统的认知,为以后的学习和工作打下坚实的基础。

## 3 考核手段的转变与拓展

考试是教学活动中的重要环节,考试的最终目的并不是为了给学生的学习结果打一个分数,而是为了对学生的学习过程起到督促作用。因此,如何充分发挥考试的功能和作用,对于促进教学改革,促进学生的全面发展具有积极的意义。

根据化工过程设计课程群所涉专业课程各自的特点及侧重点,笔者在设计考核环节时,着眼于对基本概念的理解与基本方法的掌握,摒弃死记硬背和生搬硬套,提高工程性、实践性内容掌握程度所占的比重,采取区别对待、组合设计的模式优化考核方式。例如,化工过程设备设计与选型课程的考核环节采用传统的笔试模式,侧重于应用型问题的理论分析及开放性问题的求解;化工过程分析与合成课程的考核环节则采用专题调研报告和开卷考试等形式,讲求方法的应用和实际问题的求解;化工设计课程的考核方式则由三部分组成:笔试环节主要考查学生对化工设计基础知识的掌握情况,上机实操环节主要考查学生对化工设计软件的掌握情况,项目成果展示环节则主要考查学生对化工设计整体流程

的掌握情况,更注重设计流程的完整性、设计结果的正确表达及设计作品的充分展示。此外,在化工设计作品的项目成果展示环节中还鼓励各项目小组间相互提问、评分,并按一定的权重计入最终成绩。这一模式既有助于强化培养学生思考问题、提出问题和解决问题的能力,又能够促进学生们沟通交流、共同提高。

#### 4 结 语

化工过程设计是化学工程与工艺本科专业综合性最强的一门课程,几乎涉及该专业的所有课程内容;同时,化工过程设计又是一门实践性非常强的课程,与现实化工生产对象紧密关联。这就决定了教师在进行化工过程设计课程教学活动时应该摒弃静止、孤立的传统教学模式。近年来,笔者以化工过程设计理论与实践课程群的建设为基础,大力开展化工过程设计课程教学改革探索,取得了显著的效果,极大地激发了学生的学习兴趣,有效地促进了各专业课程的有效融合,提高了学生的综合能力,同时也符合浙科院培养具有创新精神、实践能力和国际素养的高素质应用型人才的目标。值得一提的是,随着化工过程设计课程教学改革的逐步展开,近三年来浙科院学生在浙江省大学生化工设计竞赛中总计取得了一等奖 1 项、二等奖 1 项、三等奖 2 项,在“三井化学”杯大学生化工设计竞赛中取得了全国二等奖 1 项、三等奖 1 项,无论是从学生参与度还是竞赛成绩来说均呈逐年上升趋势。这也在一定程度上为浙科院化工过程设计教学改革的深入实施注入了更多信心与动力。

#### 参考文献:

[1] 李金龙,贾丽华,隋国哲,等. 浅谈化工设计课程教学改革[J]. 化工高等教育,2010,78(5):64-66.

[2] 余国琮,冯亚青,房鼎业,等. 化工类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践[J]. 化工高等教育,2001,69(3):9-13,37.

[3] 王红林,陈砺. 化工设计[M]. 广州:华南理工大学出版社,2005.

[4] 黄柏,付春杰. 安全管理与环境保护[M]. 北京:化学工业出版社,2007.

[5] 麻德贤,李成岳,张卫东. 化工过程分析与合成[M]. 北京:化学工业出版社,2002.

[6] 郭俊辉,曹旭华,王富忠. 案例教学效果的最优模型探索[J]. 高等工程教育研究,2010(3):140-144.

[7] 莱斯利·P·斯特弗,杰里·盖尔. 教育中的建构主义[M]. 高文,徐斌艳,程可拉,等译. 上海:华东师范大学出版社,2002.