

《化工系统工程》课程教学改革探索与实践

邓春*,王彧斐

(中国石油大学 化学工程与环境学院 重质油国家重点实验室,北京 102249)

摘要: 过程系统工程的理论和技术已经广泛应用于石油化工等过程工业的节能减排增效工作中,对过程工业的可持续发展起到了重要作用。结合“化工系统工程”教学工作的经验,同行专家和学生反馈意见,笔者提出了精选核心教学内容,采用理论教学与案例分析相结合的教学方法,实行分组学习和研讨的教学模式,改革传统的考核方式这四个方面的措施,取得了很好的教学改革效果。

关键词: 化工系统工程; 教学; 改革

中图分类号: G642

文献标识码: B

文章编号: 1008-021X(2020)03-0169-02

DOI:10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2020.03.080

Exploration and Practice of Teaching Reform for Chemical Process System Engineering

Deng Chun, Wang Yufei

(State Key Laboratory of Heavy Oil Processing, College of Chemical Engineering and Environment, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Technologies of chemical process system engineering has been widely used in energy conservation and emissions reduction in petrochemical process industry. It played an important role for the sustainable development of the process industry. On the basis of the teaching experience of “chemical process system engineering” and the feedbacks of peer experts and students, we introduced four strategies: the appropriate selection of teaching content, teaching technique combined with practical cases, teaching style for group study and discussion, improving the examination approaches. The teaching reforming has gained effective performance.

Key words: chemical process system engineering; teaching; reform

化工系统工程是将系统工程的理论和方法应用于化工过程领域的一门新兴的交叉学科,是化学工程的一个分支^[1]。郭慕孙教授指出化学工程目前覆盖了所有物质的物理和化学加工工艺,可称为过程工程^[2]。因此,化工系统工程也称为过程系统工程或化工过程系统工程。成思危教授和杨友麒教授给出如下定义,过程系统工程是一门综合性的交叉学科(如图1所示),它以处理物料流-能量流-信息流的过程系统为研究对象(如图2所示),其核心功能是过程系统的组织、计划、协调、设计、控制和管理,其目的是达到技术经济上的最优化,并符合安全环保等可持续发展的要求^[3]。目前,过程系统工程的理论和技术已经广泛应用于石油化工,冶金,制药,食品,造纸等过程工业中,例如,流程模拟,换热网络优化设计/改造,炼油生产计划与调度优化,过程控制和参数优化等,对于提高资源和能源的利用效率方面起到积极有效的作用。

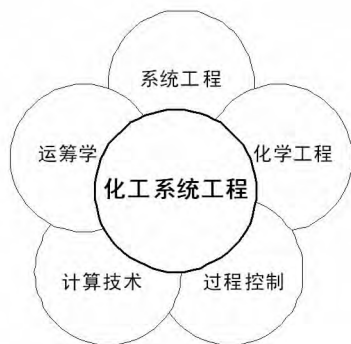


图1 化工系统工程与其他学科的关系示意图

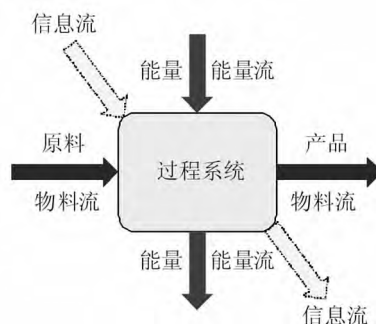


图2 化工系统工程的研究对象

《化工系统工程》是化工类及相关专业一门重要的专业基础课程^[1]。我校针对化工类的本科生开设《化工系统工程》课程,属于专业选修课程,学时为48学时(2017年秋调整为40学时),安排在本科学年第四学年的第一学期(大四上学期),大四的学生已经完成高等数学,线性代数,化工原理,化工热力学,化学反应工程,化工应用软件,化工设计概论、石油加工工艺、有机化工工艺等课程的学习,为化工系统工程的学习储备了一定的基础知识。《化工系统工程》是从事化工过程设计、改造和优化工作必不可少的基础课程之一。总目标是采用新的知识结构模式进行理论授课和实训教学,使学生能够综合运用化工热力学、化学反应工程、化工原理或化工单元操作、系统工程、最优化方法、工程数学和计算机编程等方面的知识,进行主要化工过程单元和系统的模拟与分析、化工过程系统的综合与集成、化工过程操作参数与系统结构的优化,以实现化工过程技术上和经济上的最优化,并达到可持续发展的要求,从而培养学生分析问题和解决问题的能力,达到学以致用目的。该课

收稿日期: 2019-12-24

基金项目: 中国石油大学(北京)教改项目“《化工原理》混合式教学课程建设”,“《化工系统工程》教学内容的革新”和“《化工系统工程》创新班研究型教学改革实践”

作者简介: 邓春(1984—),湖北钟祥人,中国石油大学(北京)化学工程与环境学院,副教授,博士生导师。

程的主要任务是使化工类的本科生学会利用化工系统工程的思想和方法来解决本专业中碰到的单纯用化工专业知识难以解决的问题^[4]。笔者借鉴其他教师的教学经验和自身的教学工作经历,从教学内容、方法和考核方式等方面逐步探索和改革,取得了较为明显的效果。

1 化工系统工程课程教学改革探索与实践

针对以往教学过程中存在的问题,结合专业和学生的具体培养目标,深入剖析以往教学过程中学生的反馈意见,笔者采取了如下改革措施,并在实践中不断完善和改进。

1.1 精选核心教学内容

化工系统工程的内容相当宽泛,涉及单元过程建模和模拟,系统分解,过程系统的建模与模拟,最优化理论,过程系统综合与集成等内容。化工单元过程涉及大量数学公式的推导以及计算机程序框图,化工过程优化理论包含数学优化,求解算法等基本理论,这些内容对学生的数学基础知识和计算机编程能力要求较高,容易让学生望而生畏,缺乏学习的积极性,从而导致课堂教学气氛沉闷,教学效果欠佳。借鉴其他高校教师的教学经验,笔者认真梳理了教学内容,分为三大部分,如表1所示,包括过程系统模拟部分(单元过程和系统的建模与模拟),过程系统综合与集成部分(换热网络综合,能量集成等)和过程系统优化部分(线性规划,非线性规划,整数规划等理论和经典算法)。

表1 化工系统工程课程主要教学内容

项目	主要内容
过程系统模拟	(1) 单元过程模拟 (2) 过程系统模拟
过程系统综合与集成	(1) 换热网络综合 (2) 蒸汽动力系统综合 (3) 分离序列综合 (4) 质量集成
过程系统优化	(1) 线性规划 (2) 非线性规划 (3) 整数规划 (4) 混合整数线性/非线性规划

笔者在单元过程和系统建模与模拟的教学过程中,主要借助于过程模拟软件 Aspen Plus 进行教学演示,同时要求学生亲自上机演示,并学会使用帮助文件,理解各模块的结构,原理,以及适用范围等。国内的教材中有关过程模拟的内容,以大量篇幅介绍过程单元/系统的数学模型,系统分解的理论,却鲜有介绍与常用的过程模拟软件(例如 Aspen Plus, Hysys)之间的联系。这两部分的教学内容具有很强的关联性,过程模拟软件的开发正是基于过程单元/系统的数学模型,以及系统分解的理论。如果不注重两者之间的联系,又因为过程单元/系统的数学模型和系统分解的理论枯燥,学生容易忽略其重要性,无法激起学生的学习兴趣。我们选择典型的过程单元/系统(例如混合过程),分别建立数学模型和 Aspen 模拟模型,注重数学模型和 Aspen Plus 模拟模型之间的关联性。我们讲解最基础的系统分解的理论(例如:单元串搜索法和回路矩阵法),并针对典型的过程系统进行应用,进一步结合 Aspen Plus 模拟软件进行教学演示(例如共沸精馏分离乙醇和水,苯乙烯合成工艺流程),强调系统分解的理论的重要性。笔者还安排8个学时的上机时间,让学生利用 Aspen 完成安排的任务,主要包括:基于实验数据,需用热力学模型,回归热力学参数,泡露点计算,甲烷水蒸汽重整制氢,变压精馏等案例。

过程系统优化是最优化方法和理论在化工过程系统中的应用。最优化方法和理论相关的知识非常丰富,大部分学生都

未选修最优化方面的课程,难以接受最优化算法理论方面的知识。为了激发学生的学习兴趣,笔者尽量减少最优化算法方面知识的介绍,重点讲解线性规划以及图解法,重点简介了炼油厂生产计划优化的案例。笔者学习和借鉴了国内外过程系统工程研究领域著名学者的课件,重新整理和过程系统优化的课件,主要分成4个部分:基本概念,线性规划,非线性规划和整数规划,并简要介绍了 GAMS 优化建模软件的使用方法,推荐了典型规划问题的求解算法和求解器。笔者还安排2个学时的上机时间,让学生用 GAMS 编制简单的线性规划模型,例如运输模型等。

过程系统综合与集成涉及的内容非常广泛。在教学改革之前,笔者重点讲解了换热网络综合,分离序列综合,过程系统能量集成和质量集成,讲解了部分公用工程系统综合方面的内容。然而,这些内容的知识点过于松散,学生可能只能理解部分内容,缺乏对这些内容之间的关联性的理解和思考。笔者与国内系统工程领域专家冯霄教授交流,重新优化了教学内容,主要包括换热网络综合、蒸汽动力系统优化综合、分离系统优化综合。优化后的教学内容,强化了知识点之间的联系,有助于学生对知识的理解和掌握。笔者还安排2个学时的上机时间,让学生学会利用 Aspen Energy Analyzer 进行换热网络分析与设计,包括流通股数据输入,绘制冷热复合曲线和总复合曲线,进行换热网络设计,涉及流通股分支和消除热负荷回路等等。

1.2 采用理论教学与案例分析相结合的教学方法

笔者常采用理论教学与案例分析相结合的教学方法。例如,整数规划部分内容的讲解,传统的教学模式在于先讲解整数规划模型的特点,然后再讲解求解的算法(如分支定界法等)。笔者首先给出一个简单的炼油生产计划问题,让大家假想作为管理者,如何确定最优的生产计划方案。然后逐步引导大家建立数学模型,并与书本上整数规划的规范形式进行对比。先不急于讲解求解整数规划模型的求解方法,而是将这个简单的模型写入 LINGO 优化软件中,直接调用 LINGO 软件内置的分支定界算法进行求解,进而引导学生学习分支定界算法求解整数规划问题。笔者通过简化的工业生产实际问题给学生讲授优化的思想,抽象的数学算法也不再深奥和神秘,激发了学生的学习激情和动力,取得了很好的教学效果。

1.3 采用分组学习和研讨的教学模式

充分利用小班教学的优势,笔者将全班学生分成小组,平均每组5~6人,同时兼顾保研和考研的学生比例。每组需要完成两份过程系统模拟,两份过程系统综合与集成,一份过程系统优化大作业。其中,过程系统模拟的内容要求学生在讲台或者机房现场讲解流程和模拟要点,其他小组的学生和笔者负责提问。值得一提的是,笔者还将这部分的课堂内容进行视频录像,作为后续观摩和改进的影像资料备份留存。另外,笔者还专门邀请本课题组在读的硕士研究生,曾经全国化工设计大赛一等奖获得者,结合自己所做的课题,讲解如何使用 Aspen Energy Analyzer 进行苯乙烯装置的换热网络优化改造。此外,本课题组邀请过程系统工程研究领域的国际专家 Jiri Klemes 教授,陈诚亮教授,尤峰崎教授, Santanu Bandyopadhyay 教授, Denny Kok Sum Ng 教授, Dominic Chwan Yee Foo 教授, José María Ponce - Ortega 教授,张楠博士,李瑞元博士等来我校交流并做讲座。笔者也邀请本科生聆听讲座,部分学生也能够积极参与,学生表示这些讲座开阔了他们的视野,同时也进一步激发了他们的学习兴趣。

1.4 改革传统的考核方式

传统的考核方式往往通过期末试卷考试来评定学生对课程掌握情况。然而,《化工系统工程》是一门实践性较强的课程,难以通过试卷对学生充分的考量。笔者把学生的试卷

(下转第172页)

的待遇,比如把每周的班会定位常规思想教育课,和教师一样有课时补贴,又比如在行政岗位方面给一些待遇,这样激励其工作的积极性。对辅导员的生存和发展要采用“重视使用、促进流动、相对稳定”的办法。既要大胆培养,又要严格要求,激励其提高自身发展,根据工作业绩和能力,大胆提拔任用,并且鼓励和选送年轻辅导员在职或脱产进修,在职称评聘方面给予政策,使其全心全意做好辅导员工作。

3.2 明确辅导员的岗位职责

高校辅导员老师的职责定位有了明确的说法,应为“正本清源”,将其从“保姆”式的杂务中“解放”出来,让其工作职责明确,在自己的岗位上以一种良好的态度去创新思路^[9]。对于辅导员的工作内容,我认为应该是在大学生个人成长中的引导作用和示范作用。现阶段的义务教育基本上是要成绩,鼓励努力学习为主,没有重视思想教育,进入大学要为其营造提高素质和发展个性的教育环境。要通过制定辅导员岗位职责和工作条例加强辅导员队伍的管理,明确主要任务,鼓励其不断学习,刻苦专研管理方法。建立完善考核和管理制度,年终考核优秀作为今后提职晋级的重要依据。

3.3 优化辅导员老师队伍结构

要按照学生成长的发展需要,打造一支有学科背景、有发展水准、有潜在素质、有良好素养的辅导员队伍,必须在选拔、培训、任用上优化其队伍结构^[10]。近年来,为了提高辅导员队伍的质量,许多高校把学历、学科背景、知识结构作为标准,增加了辅导员队伍的知识层次,高学历者固然知识结构要完善些,但不一定能和学生打成一片,也不一定有远大的见解。按国家规定关于辅导员配备与选聘的条件,具备本科及以上学历,德才兼备,乐于奉献,热爱大学生思想政治教育事业者就完全符合选聘条件,关键在于如何以人为本,充分发挥其潜能。其实,一些学历不很高、但有工作经验的老师更适合这一角色。

3.4 加强辅导员自身素质的建设

1) 在多年的辅导员工作岗位上,我感受到学习党的先进理论政策,在指导学生工作以及学生管理上会更加得心应手。所以要认真学习党的路线、方针、政策和国家制定的有关教育方面的政策,不断提高自身思想素养,就能够在学生的日常管理和教育上实践人性化管理。

2) 要不断加强自身的业务水平,根据现实情况,多和学生交流,研究和分析学生思想和生活中存在的问题,找到规律,用不同的方法解决问题,学习教育学、心理学、管理学专业等理论知识,学生工作涉及方方面面的事情,学生的思想行为在受整个社会环境的影响,辅导员必须时刻保持学习的良好习惯,认真地学习管理理论,不断加强自身的业务水平,运用教育学和

心理学的知识来指导我们的工作。

3) 培养辅导员的事业心和责任感。

学生辅导员的工作,不仅包括党建工作、日常常规工作和开会讨论等工作,更重要的事学生思想教育。要想做好人的工作,除了时间和精力以外,还必须用真情实感与学生进行沟通、交流,真正成为学生的良师益友,所以,辅导员要有高度的责任感和事业心,把关心学生作为自己的主要任务,要经常进驻学生宿舍,和他们建立深厚的友谊。这样才能发现有问题的学生,也能发现不认真学习的学生,找到其问题的原因,及时引导,耐心细心的教育,根据不同的学生,采取不同的管理和教育,真正成为学生的良师益友。

辅导员队伍的建设与管理是创建和谐平安校园的重要环节,我们要在政策支持、资金保障、制度规范等前提下更多地关注辅导员教师的成长与发展。要把辅导员队伍建设作为高校德育工作的重点来抓,要建立一支数量足、质量高、有高度的事业心和责任感的学生辅导员队伍,以更好的为普通高校的发展发挥力量。

参考文献

- [1]王树萌.论高校辅导员队伍的专业化与职业化[J].思想教育研究,2007,142(4):3-7.
- [2]朱萍.新形势下高校辅导员队伍建设代表存在的问题及对策[J].学校党建与思想教育,2009,27(1):62-63.
- [3]吴云志,曲建武.高校辅导员素质与能力建设问题研究综述[J].高校理论战线,2006(4):38-42.
- [4]李琳.高校辅导员职业能力内涵与提升路径探析[J].思想教育研究,2015(3):105-107.
- [5]庄晨霞,张茂林.浅谈新时代下,新进辅导员与旧学生之间的冲突问题研究[J].教育教学论坛,2018(12):15-17.
- [6]朱嫣丹.高校辅导员思想政治教育工作中的情感教育[J].西部素质教育,2018(20):22-24.
- [7]黄兆凡,张美.浅谈辅导员工作中博士才能的发挥[J].教育教学论坛,2019(13):242-243.
- [8]马文雅.高校辅导员对大学生创新创业作用的几点思考[J].教育教学论坛,2019(13):251-252.
- [9]赵丹.新时代高校辅导员学生思政工作创新路径探究[J].高教学刊,2019(7):25-27.
- [10]宋美娟,苏亚玲.对高校辅导员工作职责的重新思考[J].思想政治教育研究,2007(4):92-93.

(本文文献格式:乔婷婷,李志英.浅谈普通高校辅导员队伍建设的思路[J].山东化工,2020,49(3):171-172.)

(上接第170页)

分数在总评成绩中的比例降至60%~70%,另外30%~40%的成绩由大作业、课堂讨论来组成。在分组学习和讨论的基础上,笔者为了锻炼学生撰写科技论文的能力,要求每人完成1篇小论文,参考《化工学报》《石油学报(石油加工)》等代表性中文期刊论文进行写作,包括中英文摘要,关键词,正文和参考文献。笔者还针对不同类别的论文拟定了建议的论文撰写框架和评分标准。学生补交要提交小论文的文档,还要求提交源文件(例如 Aspen 模拟文件,GAMS 或者 Matlab 源程序和 Aspen Energy Analyzer 模拟文件等)。近3年的教学实践结果显示,约20%的学生完成质量很高,其中1名学生的小论文已发表在中文核心期刊上;约70%的学生能够按照要求完成任务,但是问题分析不够透彻;约10%的学生完成质量较差,论文撰写能力欠缺,甚至部分学生抄袭论文,笔者记为零分。

2 结论和展望

笔者从四大方面对《化工系统工程》课程教学内容进行改

革探索和实践,包括精选核心教学内容,采用理论教学与案例分析相结合的教学方法,采用分组学习和研讨的教学模式,改革传统的考核方式等。学生评教和同行教学专家听课评议结果较好,表明笔者的改革和实践起到了较好的改革效果,提升了该课程的教学质量。

参考文献

- [1]姚平经.过程系统工程[M].上海:华东理工大学出版社,2009.
- [2]郭慕孙.过程工程[J].过程工程学报,2001,1(1):2-7.
- [3]成思危,杨友麒.过程系统工程的发展和面临的挑战[J].现代化工,2007,27(4):1-6.
- [4]方利国.《化工过程分析与合成》课程教学模式改革实践研究[J].广州化工,2010,38(7):280-282.

(本文文献格式:邓春,王或斐.《化工系统工程》课程教学改革探索与实践[J].山东化工,2020,49(3):169-170,172.)