从生活到工程：化工原理研究性教学模式的实施

韶晖*, 孙雪妮, 王俊

常州大学石油化工学院, 江苏 常州 213164

摘要: 化工原理作为化工类本科生进入工程领域的敲门砖, 承担着工程科学与工程技术的的教育任务。从化工原理课程的特点出发, 以单元操作为根本, 以研究型课题为导入点, 学生通过翻转课堂, 由浅入深, 从日常生活到生产实践, 呈现对问题的解决过程。并将课程设计融入其中, 提高学生的综合能力和合作能力。

关键词: 化工原理; 翻转课堂; 研讨式; 教学模式

中图分类号: G64; O6

From Life to Engineering: The Implementation of Research Teaching Mode in Chemical Engineering Principle

Hui Shao *, Xueni Sun, Jun Wang

School of Petrochemical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, Jiangsu Province, China.

Abstract: As the key to the engineering field for chemical engineering undergraduates, chemical engineering principle undertakes the dual educational task of engineering science and engineering technology. Starting from the characteristics of chemical engineering principle, it takes unit operation as the foundation and research-oriented topics as the lead-in point. Students present the problem solving process through flipped classroom, from simple to deep, from daily life to production practice. This course also Integrates the curriculum design to improve the comprehensive ability and cooperation ability.

Key Words: Chemical engineering principle; Flipped classroom; Discussion; Teaching mode

化工原理是化工类的专业基础课, 是在完成数学、物理、四大化学和计算机技术等先导课程学习后, 进入工程专业课学习前的必修课程, 承担着工程科学与工程技术的的教育任务。化工原理课程以化工生产中的单元操作为主要内容, 分析和解决化工过程中“三传”理论的基本原理、工艺计算、能量衡算及过程强化, 并进行设备的设计和选型。一直以来, 化工原理教学强调的是原理的讲解、模型的推导、过程的计算和设备的选型。因此, 教师在课堂中起着主导作用, 而学生的主观能动性发挥有限。但作为化工类本科生进入工程领域的敲门砖, 化工原理具有工程实践性强、注重应用等特点, 在掌握基础知识的同时, 更重要的是培养学生的工程观念以及分析和解决复杂工程问题的能力。

研究型教学的思想源于洪堡最早提出的“教学与研究相统一”的大学教学原则^[1]。1998年, 美国博耶委员会在其研究报告中明确指出, 要将研究型教学作为本科教学的要求^[2]。近年来, 研究型

收稿: 2020-04-01; 录用: 2020-06-29; 网络发表: 2020-07-21

*通讯作者, Email: shaohui200800@cczu.edu.cn

基金项目: 江苏省高等教育教改研究重中之重课题(2019JSJG011); 常州大学华罗庚学院教学研究课题(GJY18020002)

教学也受到了我国高等教育界的重视。清华大学汪劲松等^[3]认为,实施研究型教学体现的是“研究型教学过程化”。研究型教学采用自主探究的教学方式,培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。在教学过程中,学生处于主导地位,自主参与教学活动,教师不再是“圣坛上的讲道者”,而变成了真正的“授业解惑者”。将研究型教学和翻转课堂相结合,提高学生学习的积极性,在思索中发现问题,在探究中寻求答案。

本文从化工原理课程的特点出发,以单元操作为根本,以研究型课题为导入点,学生通过翻转课堂,由浅入深,从日常生活到生产实践,呈现对问题的解决过程。并将课程设计融入到其中,提高学生的综合能力和合作能力。

1 流体流动在生活中的体现

在学习化工原理课程之前,学生较少涉及工程问题。美国教育家杜威主张“教育即生活”,提出了“以生活化和活动教学代替传统的课堂教学,以切身体验代替书本知识”的教学方法^[4]。针对学生看到“化工”“原理”字眼为难的情绪,在学习第一章“流体流动”单元操作后,我们做了第一个研讨课题“流体流动在生活中的现象”。对于这次课题,学生表现出极大的兴趣,例举出的生活实例很丰富。例如:有一组学生做了《伯努利方程在香蕉球中的应用》研究报告。首先,他们以1997年巴西后卫 Carlos 一脚35米任意球远射,踢出漂亮的香蕉球为背景,提出了“香蕉球是怎么来的呢?”的问题。接着学生通过查阅文献分析了球受力的作用线(见图1),并进行了具体的计算:假设罚球员距球门12 m,球在空中运动时间为2 s。此时,空气流速约为 $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,球的转速设为 $5\text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$,足球重0.45 kg,半径为0.11 m。由伯努利方程求出香蕉球的横向漂移量为1.72 m。之后,这组学生将分析和计算过程写成了一篇论文,并做好PPT,以翻转课堂的形式进行展示:由实例引出问题,利用伯努利方程解决问题。汇报完后,听课的同学与讲课同学之间进行交流或讨论。

图1 球受力的作用线

再比如学生针对“一米安全线”进行研讨。学生设定参数:“复兴号”车长439.9 m,车高3.7 m,乘客身高1.8 m,体重70 kg,通过伯努利方程分析得到,当列车以 $250\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速度行驶时,乘客将受到104千克力的作用力将其推向列车。为了保证乘客的安全,才有站台设置安全线。此外,学生还就“船吸现象”、赛车的“扰流板”、飞机的“翼型升力”、喷水壶等展开了分析。

通过“流体流动在生活中的体现”的研讨课题,采用翻转课堂的教学模式,激发了学生学习化工原理的兴趣,让他们了解化工原理不仅仅存在于化工中,在生活中处处可见。

2 非均相分离在工业中的应用

在第一次研讨课的基础上,我们在“非均相物系的分离”单元操作学完后,设置了第二次的研讨课题“非均相分离在工业中的应用”。非均相物系分离的单元操作比较多,书上介绍的有:沉降、过滤和流态化。学生查阅文献后,呈现的应用较为广泛。一组学生查阅了碳酸氢铵的生产工艺流程

(见图 2): 氨水和二氧化碳在碳化塔中反应, 生成含有碳酸氢铵的悬浮液。该过程中采用了三种非均相物质分离的设备: 转鼓式离心机、旋风分离器和袋滤器, 进行逐级分离。转鼓式离心机分离得到的是粗品, 旋风分离器得到的是纯品, 袋滤器是对排出气体中的碳酸氢铵微小颗粒进行过滤。通过文献的查阅和工业流程的分析、阐述, 台上和台下的学生对三种非均相物质分离设备的作用和效果加深了了解。又如, 啤酒生产中多处采用液体袋式过滤器, 对 CIP (Clean in place) 用水、糖化用水、洗瓶水、冲瓶水和灌装机冲洗水等进行过滤, 以去除颗粒杂质。还有学生分析在硝酸氧化醇酮合成己二酸的过程中, 采用增稠器将己二酸晶浆中部分母液抽出, 己二酸颗粒被拦截, 为离心机提供合适的进料浓度。此外, 餐饮油水的处理, 高密度钻井液中气液的分离, 水力旋流器在烟气脱硫系统中的应用, 滤饼洗涤在柠檬酸生产中的应用, 火力发电厂静电除尘器, 净水器、空气净化器等等都有分析。

图 2 碳酸氢铵流程示意图

1-碳化塔; 2-离心机; 3-风机; 4-气流干燥器; 5-缓冲器; 6-旋风分离器; 7-袋滤器

“非均相分离在工业中的应用”研讨课题, 不仅锻炼了学生查阅文献的能力, 在掌握基础知识的同时, 更主要的是培养学生的工程观念、了解工程的实践性。

3 工业流程的分析, 课程设计的融入

《化工原理》下册的学习内容以传质与分离为主。学生选择的课题多种多样, 如采用变压精馏分离四氢呋喃和水、通过分子蒸馏工艺提取较高纯度的天然维生素 E、采用变压吸附技术从甲醇弛放气中回收氢气及富碳气、氯酸钠真空冷却结晶工艺、膜分离技术在乳品中的应用等。我们要求学生分析工业流程时, 不仅要说明产品的用途、生产的流程和设备, 还将课程设计融合其中, 对塔设备进行设计。比如, 环丁砜萃取精馏的工艺: 以环丁砜为溶剂, 通过萃取精馏塔将非芳烃从塔顶分离出来; 塔底富溶剂则送入溶剂回收塔, 通过减压精馏进行芳烃与溶剂的分离。回收塔底出来的环丁砜贫溶剂, 送入萃取精馏塔顶部循环使用, 而塔顶的产品通过精馏塔得到高纯的苯和甲苯。结合该工艺流程(图 3), 我们要求学生设计第三个用于分离苯-甲苯的连续筛板式精馏塔。给定设计任务: 处理量 5 万吨/年, 进料苯含量 40% (质量分数); 产品要求: 塔顶含苯量为 98%, 塔釜含苯量为 2%。再例如, 活化热钾碱溶液脱除 CO_2 : 采用 K_2CO_3 为吸收剂, 添加活性剂(如二乙醇胺)、缓蚀剂(V_2O_5)等形成混合吸收剂, 通过吸收塔脱除 CO_2 。为了合理利用吸收剂, 节约生产成本, 吸收塔形成的富液经解吸塔加热, 进行解吸形成贫液, 循环利用吸收溶液。学生可以对吸收塔和解吸塔进行设计。

将“塔设备”课程设计融入到化工原理课程的教学，提高了学生对理论知识的综合应用能力，对学生工程素质的培养起到了重要的作用。

图3 环丁砜萃取精馏工艺流程

4 结语

通过翻转课堂，实施化工原理研讨式教学模式，提高学生学习的兴趣，锻炼学生的自主能力、团队合作和工程应用能力，加深学生对工程过程的多样性和复杂性的了解，以及对实际化工过程的认识。另外结合课程的特点，将课程设计融入课程学习，深化知识应用、拓展教学内容、对培养学生工程能力起到重要的作用。

参 考 文 献

- [1] 许晓东, 冯向东. 中国大学教学, 2008, No. 11, 9.
- [2] 郑大锋, 王秀军. 化工高等教育, 2018, 160 (2), 6.
- [3] 汪劲松, 彭方雁, 汪蕙, 袁德宁. 中国高等教育, 2003, 24 (6), 26.
- [4] 孙安宁. 教育探索, 2011, 245 (11), 42.