

ABET 认证背景下分离工程课程量化评价体系的建设

吴艳阳, 武 斌, 纪利俊, 陈 葵, 朱家文

(华东理工大学 化工学院, 上海 200237)

[摘要]课程量化评估体系建设对于实现学生综合素质和能力的培养十分关键。分离工程课程教学团队在 ABET 认证背景下, 基于“以学生为中心”和“持续改进”的教学理念, 细化课程教学目标, 构建了可量化的学生能力评价体系和课程的持续改进机制, 并通过数据反馈不断改进教学, 使专业培养目标在本课程中完美体现。课程量化评估体系的建设对于提升课程教学质量、实现专业培养目标、推进化工专业的国际化具有十分重要的意义。

[关键词]分离工程; 量化评价体系; ABET 认证; 达成度; 持续改进

Construction of the Course Assessment Record System for Separation Engineering in the Supervision of ABET Accreditation

Wu Yanyang, Wu Bin, Ji Lijun, Chen Kui, Zhu Jiawen

(School of Chemical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237)

Abstract: It's important for the cultivation of students' comprehensive capacity to construct the course assessment record system. Based on the teaching philosophy of outcome-based and continuous improvement, the teaching team of separation engineering refined teaching objectives, established the quantitative course assessment record system and continuous improvement mechanism of the course. The chemical engineering program objectives can be reflected through this course by continuous improvement from the feedback data. The construction of the course assessment record system is very meaningful for the improvement of course quality, the realization of chemical engineering program objectives, and the internationalization of chemical engineering program.

Key words: Separation engineering; Course assessment record system; ABET accreditation; Achievement; Continuous improvement

[作者简介] 吴艳阳(1979-), 女, 副教授, 院长助理, 化学工程系主任。

[通信作者] 武斌, E-mail: wubin@ecust.edu.cn。

2013 年 11 月,华东理工大学化学工程与工艺专业接受了美国工程与技术认证委员会(ABET)认证专家的现场考察,并于 2014 年 8 月顺利通过 ABET 认证,获得最长的 9 年认证有效期(有效期可向前追溯到 2011 年 10 月 1 日,截至 2020 年 9 月 30 日)^[1]。作为中国大陆高校中首个通过 ABET 认证的专业,该专业的认证为国内高校工程教育国际化探索出了一条新路径^[2-5]。根据 ABET 认证的 EC 2000 标准,化工专业提出了对毕业生能力的基本要求。2017 年前,认证标准中的毕业要求有 11 条,而 2017 年试运行、2019 年开始实施的新标准将毕业生能力要求改为 7 条^[6]。

在此背景下,我们加快了分离工程这一化工专业核心课程的国际化进程。基于 ABET 认证标准,依据“以学生为中心”和“持续改进”的教学理念,课程团队对课程教学目标进行了细化,以匹配学生能力的培养;构建了可量化的学生能力评价体系,采用明确、具体的评价手段评价学生能力的达成度;建立了课程的持续改进机制,通过数据反馈不断改进教学,使专业培养目标在本课程中得到完美体现。

一、匹配教学目标与学生能力培养

分离工程是化学工程学科的重要组成部分,是研究化工及其他相关过程中物质的分离和纯化方法的一门技术科学^[7-8]。分离工程课程的总体目标为:通过课程教学,使学生掌握分离技术的基本原理,熟悉分离设备的设计模型,了解分离工艺的开发方法,重视现代分离技术的前沿发展,具备一定的分析和解决实际问题的能力。

根据 ABET 认证新标准中的 7 条毕业要求及教学目标,本课程主要支撑以下 3 种能力的培养:1.应用工程、科学和数学等基本原理识别、规划和解决复杂工程问题的能力(毕业要求 1);2.在考虑健康、安全、社会、经济、文化、环境等因素的基础上,应用工程设计解决具体需求的能力(毕业要求 2);3.在工程环境下,考虑工程方案对全球经济、环境和社会的影响,认可伦理与职业责任并且做出明智判断的能力(毕业要求 4)。

在课程教学过程中,教学团队详细研讨了以课程知识为载体的能力培养工作的实现途径,以及教学目标和能力培养的匹配关系,通过改革教学模式和方法,加强课程教学的过程控制。为了更好地匹配学生能力的培养,我们根据课程总体目标和毕业要求,将课程教学目标细化为:1.能够运用数学、物理、物理化学和化工原理知识,分析与表达过程工业中分离技术的工程问题,建立平衡级分离和速率分离过程的数学模型,并正确求解(支撑毕业要求 1);2.能够运用工程思维方法,判断分离过程的设备条件和操作变量对分离成本和效率的影响,提出优化的分离问题解决方案(支撑毕业要求 1);3.能够针对待分离混合物的具体特性,确定分离设备和操作条件,进行分离设备和过程的设计优化(支撑毕业要求 2);4.了解分离工程学科的前沿领域,认识到分离技术在解决人类面临的资源、环境问题和促进高新技术发展中的应用潜力(支撑毕业要求 4)。课程目标与教学内容和方法的对应关系如表 1 所示。

二、构建可量化的学生能力评价体系

分离工程课程教学团队根据 ABET 认证标准的要求,改进学生评价手段,加强教学过程控制,有针对性地设计课堂练习、作业、小组讨论、阶段测验和考试题目,建立了完整的教学过程数据分析与评价体系。特别是在考核评价环节,我们对考题的类型和分值进行了深入讨论,以确保考题既体现专业课程知识的覆盖面,又反映学生能力。

针对毕业要求 1,我们详细讲授如何基于化工热力学和传递过程基本方程,通过数学计算、合理的工程简化和建模,求解以精馏和吸收为代表的平衡级分离过程和设备问题,以培养学生综合运用数学、物理、物理化学和化工原理知识解决工程问题的能力。针对毕业要求 2,我们通过对精馏、吸收等分离单元的系统教学,让学生学习如何在符合工程要求和惯例的前提下,综合考虑经济、环保、安全等方面的要求,进行分离过程和设备的设计,并掌握分离过程的最优化方法;同时通过课堂案例分析、组织学生参加化工设计及创新课题

表 1 分离工程课程目标与教学内容和方法的对应关系

课程目标	毕业要求指标点分解	教学内容	教学方法
能够运用数学、物理、物理化学和化工原理知识,分析与表达过程工业中分离技术的工程问题,建立平衡级分离和速率分离过程的数学模型,并正确求解	掌握单级和多级平衡分离过程的严格算法(矩阵运算、求导)	系统讲授单级闪蒸过程分析计算,精馏、吸收、萃取等多级平衡分离过程 MESH 方程的严格求解	1.课程讲授 2.作业练习
	能够运用传质单元法对微分接触分离过程求解(积分)	系统分析物理吸收和化学吸收等不同吸收机理下的传质单元计算	1.课程讲授 2.作业练习
	能分析膜分离过程在浓差极化下的通量和分离效率(积分、最优化方法等)	系统讲授膜分离过程的原理、处理通量和分离效率	1.课程讲授 2.作业练习
能够运用工程思维方法,判断分离过程的设备条件和操作变量对分离成本和效率的影响,提出优化的分离问题解决方案	根据混合物特点和分离要求,选择合适的分离方法、流程和设备	系统讲授精馏、吸收、萃取等分离单元操作的分离原理、过程与设备特点等,介绍膜分离过程、超临界流体萃取等新分离技术的原理	1.课程讲授 2.作业练习
	针对平衡分离过程问题,能根据物系特性选择合适的算法和热力学模型	结合计算案例和对先行课程的回顾,讨论热力学模型的合理选择	1.课堂案例分析 2.作业练习
	能够结合工程常识,判别常用各分离单元的成本差异	结合具体案例,介绍选择分离流程时对效率和成本的综合分析	1.课堂案例分析 2.作业练习
能够针对待分离混合物的具体特性,确定分离设备和操作条件,进行分离设备和过程的设计优化	能够进行满足具体分离要求的平衡级分离过程和设备计算	详细讲授如何基于化工热力学和传递过程基本方程,通过数学计算、合理的工程简化建模,求解以精馏和吸收为代表的平衡级分离过程和设备问题	1.课程讲授 2.作业练习
	能够评估具体的平衡级分离过程在一定条件下的分离效率	结合案例介绍多组分混合物分离流程的建立、过程设计和优化的基本方法	1.课堂案例分析 2.作业练习
了解分离工程学科的前沿领域,认识到分离技术在解决人类面临的资源、环境问题和促进高新技术发展中的应用潜力	了解在化石能源趋于枯竭的形势下,生物能源等新能源开发对分离技术的要求及更高环境保护要求对低成本、高通量分离技术的要求	介绍分离工程在化学工程学科中的地位,与相关学科的联系,分离工程的发展和应用为人类可持续发展提供的解决方案	1.课程讲授
	了解现代生物技术产品对于高效、精密的生物分离技术的迫切要求	介绍分离过程的发展和新分离技术应用对节约资源、降低能耗、保护环境的作用及其在经济全球化过程中的地位和影响	1.课堂案例分析 2.课堂讨论

研究等,使其掌握分离工艺优化的方法。针对毕业要求 4,我们通过讲解分离过程的发展和新分离技术的应用开发对节约资源、降低能耗、保护环境的积极作用及其在经济全球化过程中的地位和影响,加强学生工程伦理观念和职业责任感的培养。

根据化学工程与工艺专业的培养目标,我们对分离工程课程支撑的学生能力要求的相关项目要素进行分解,并设定了课程达成度目标值,如表

2 所示。

三、构建课程的持续改进机制

我校分离工程课程于 2007 年被评为上海市精品课程,经过多年的持续改革和建设,已经在教学内容、教学方法、教材编写、考核评价等方面形成了相对完善的体系。在此基础上,教学团队在构建可量化的课程评价体系的过程中,建立了课程目标与考核内容和评价依据的对应关系,如表 3

表 2 分离工程课程支撑的学生能力要求及要素分解

学生能力	应用数学和相关工程知识的能力	工程设计能力	认可工程伦理与职业责任的能力
相关项目要素分解	1.掌握多级平衡分离过程的计算(图解); 2.能熟练进行单级平衡分离过程的计算(求导); 3.能运用传质单元法对微分接触分离过程求解(积分); 4.针对平衡分离过程问题,能根据物系特性选择合适的算法和热力学模型	1.能进行满足具体分离要求的平衡级分离过程计算; 2.能评估具体的平衡级分离过程在一定条件下的分离效率; 3.能从设备角度和操作角度对分离过程的经济性进行分析	1.了解矿物资源的全元素利用开发对分离技术的要求; 2.了解更高的环境保护要求对低成本、高通量分离技术的要求; 3.了解高附加值资源技术产品对于高效分离技术的迫切要求
达成度目标值	5.0	4.0	2.0

表 3 分离工程课程目标与考核内容和依据对应关系

课程目标	考核内容	评价依据/学习任务
能够运用数学、物理、物理化学和化工原理知识,分析与表达过程工业中分离技术的工程问题,建立平衡级分离和速率分离过程的数学模型,并正确求解	精馏、吸收、萃取的气液或液液平衡热力学方程,多级平衡分离过程的计算方法	1.学生课堂表现 2.习题完成质量 3.试卷答题情况
能够运用工程思维方法,判断分离过程的设备条件和操作变量对分离成本和效率的影响,提出优化的分离问题解决方案	精馏、吸收、萃取等分离单元操作的分离原理、过程与设备特点,膜分离过程、超临界流体萃取等新分离技术的原理,运用基本理论和常用方法来识别、表达和解决工业分离问题	1.平时习题和模拟作业完成情况 2.学生课堂表现 3.试卷答题情况
能够针对待分离混合物的具体特性,确定分离设备和操作条件,进行分离设备和过程的设计优化	在综合考虑经济、环保、安全等要求的前提下,对以精馏、吸收为代表的平衡级分离过程和设备进行设计计算	1.学生课堂表现 2.设计大作业完成情况 3.课程考试表现
了解分离工程学科的前沿领域,认识到分离技术在解决人类面临的资源、环境问题和促进高新技术发展中的应用潜力	生物制品、高纯度材料制备等高精度分离课题中的适用分离技术,在资源和化石能源短缺的现实条件下解决相关问题时分离工程的应用	1.课内互动表现 2.试卷答题情况

所示。我们可以依据科学的数据分析结果,有效改进课程教学过程,从而持续提高课程教学质量。

为了量化评估学生相关能力的达成度,并实现持续改进,我们针对表 2 中涉及的相关能力要求设计了考试题目。假设第 i 题分值为 S_i ,学生人数为 n ,学生在该问题上的平均得分为 a_i ,那么学生该项能力的达成度就利用下面的公式计算:

$$AV = \frac{n \times a_i}{\sum S_i} \times TV$$

其中, TV 表示某项能力的目标值, AV 为某项能力的达成度。我们利用该公式,分别计算了 2017—2018 学年和 2018—2019 学年的学生能力达成度,进行了对比分析,并由此提出持续改进策略,如表 4 所示。

通过对比两个学年学生能力达成度的变化,我们可以直观判断学生能力的培养情况,了解学生对专业课程知识的掌握程度和能力达成度。教学团队根据反馈的信息,就可以及时调整教学

表 4 学生相关能力达成度评估分析及持续改进情况

学生能力 相关项目	达成度 目标值	达成度		评估结果分析 与持续改进
		2017—2018 学年	2018—2019 学年	
应用数学和相关 工程知识的能力	5.0	4.00	4.40	结果分析:2018—2019 学年学生能力达成度高于 2017—2018 学年,主要原因是加强了案例分析教学 改进措施:保持基础理论教学深度,适当扩展讲解萃 取、膜分离等分离单元操作知识
工程设计能力	4.0	2.80	3.24	结果分析:2018—2019 学年学生能力达成度高于 2017—2018 学年 改进措施:持续关注,强调对分离过程基本概念的掌 握,加强相关的设计作业训练
认可工程伦理与 职业责任的能力	2.0	1.40	1.36	结果分析:2018—2019 学年学生能力达成度略低于 2017—2018 学年,原因在于评价依据更强调对分离 过程基本概念의掌握,概念题考查比重较大,在一定 程度上降低了评价指标的达成度 改进措施:对于恒沸精馏过程、精馏边界、气液传质 塔的操作效率等复杂问题,进行更细致、更具体的讲 授,并布置适当的作业

内容、教学方法、考核方法等,甚至进一步修订教
学大纲和教材,以实现课程教学的持续改进,切实
提高课程教学质量,并最终使学生受益。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] Accreditation Board for Engineering and
Technology. Accredited Programs [EB/OL]. [http://
main.abet.org/aps/Accreditedprogramsearch.aspx](http://main.abet.org/aps/Accreditedprogramsearch.aspx).
[2] 辛忠,司忠业,赫崇衡,等.从 ABET 认证看中国化
工高等教育[J]. 化工高等教育,2015(1):6-10.
[3] 辛忠,郭旭红,司忠业,等. ABET 认证与中国化工
高等工程教育未来发展[J]. 高等工程教育研究,2016
(3):85-89.
[4] 辛忠,吴艳阳,徐心茹,美国 ABET 认证与工程师注

册制度对其工程教育的作用机制[J].学位与研究生教育,
2016(4):74-77.
[5] 辛忠,吴艳阳,徐心茹,美国 ABET 认证与注册工程
师资格认证及其相互联系[J]. 化工高等教育,2019(2):
9-12.
[6] Accreditation Board for Engineering and
Technology. Accreditation Criteria & Supporting Docu-
ments [EB/OL]. [https://www.abet.org/accreditation/
accreditation-criteria/](https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/).
[7] 吴艳阳,朱家文,武斌. 麻省理工学院(MIT)化学工
程系本科生培养方案和课程设置[J]. 化工高等教育,
2015(3):33-39.
[8] 胡大乔,吴明元.工程教育专业认证背景下分离工程
课程教学改革探析[J]. 合肥师范学院学报,2015,33(6):
92-94.