

实验与实践教学

基于工程教育专业认证理念的 实验教学改革实践^{*}

李瑞丽,孟祥海,魏 强,徐春明,高金森,周亚松,刘植昌

(中国石油大学(北京)化学工程与环境学院,北京 102249)

[摘要]石油加工工程实验是基于项目研究的综合实验,要求学生以团队的形式完成。基于工程教育专业认证的三个理念和成果导向评价,我们确定了5种学生能力和5个课程目标,设计了以学生为中心的12个教学环节,建立了过程性考核评价方法。实践表明,学生的终身学习能力有待改进。将达成度计算结果反馈到后续实验教学安排和指导的具体过程,有助于实现实验教学的目标。

[关键词]工程教育专业认证;实验教学改革;毕业要求达成度

Reform and Practice of Experimental Teaching Based on the Concept of Professional Certification in Engineering Education

Li Ruili, Meng Xianghai, Wei Qiang, Xu Chunming, Gao Jinsen,
Zhou Yasong, Liu Zhichang

(College of Chemical Engineering and Environment, China University of
Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Petroleum processing engineering experiment is a comprehensive experiment based on a project study. Students complete the whole experiment as a team. Based on three concepts of professional engineering in education certification and the outcome-based education evaluation, five graduation abilities and five teaching objectives of this comprehensive experiment were determined. Twelve student-centered teaching procedures were designed, a process assessment method was established. According to the achievement degree of a certain class and a certain student, lifelong learning ability of students needs to be improved continuously. The results of achievement degree calculation are fed back to the specific process of the subsequent experimental teaching arrangement and guidance, and then the goal of continuous improvement of experimental teaching can be achieved.

Key words: Engineering education certification; Reform for experiment teaching; Achievement evaluation of graduation requirement

[作者简介] 李瑞丽(1965-),女,副教授,硕士。

[通信作者] 李瑞丽, E-mail: lrl4806@163.com。

^{*} 基金项目:北京市教改项目;中国石油大学(北京)教改项目。

2016 年我国正式成为《华盛顿协议》第 18 个成员国,这标志着我国工程教育质量达到国际标准,实现了国际实质等效。为了推进高等工程教育改革,提高工程教育质量^[1-3],我国开始实施工程教育专业认证,遵循以学生为中心、以成果为导向和以持续质量改进为目标三大核心理念,紧紧围绕专业课程体系设置、师资队伍配备、办学条件配置等,以学生毕业能力达成为核心任务展开^[4]。中国石油大学(北京)化学工程与工艺专业是我国开展工程教育专业认证比较早的专业之一,在 2012 年通过首次认证,2018 年又通过复评。多年的认证工作经验表明,课堂教学是提高本科教学质量的核心所在^[5-7]。本文基于工程教育专业认证理念,以本专业的主干课程石油加工工程实验为例^[8],对课程目标、教学内容和形

式、考核标准及毕业要求达成度评价进行探索。

一、以成果为导向的课程目标的确定

原有石油加工工程实验课程的目标是使学生通过实验课程的学习,掌握石油产品性质、组成与其使用性能的关系,以及加工方案的制定依据,熟悉石油物性参数的求定方法,初步掌握石油加工过程的基本原理及工艺方法,基本具备从事石油加工生产、设计、科研及管理所需的专业基础知识,提高运用所学知识分析、解决实际问题的能力。可以看出,原有课程教学目标较为粗略和笼统,难以体现实验课程对学生毕业要求达成度的支撑作用。

为此,基于工程教育专业认证理念,根据本专业的毕业要求,我们细化了石油加工工程实验课程目标,新的课程目标如表 1 所示。

表 1 石油加工工程实验课程目标

毕业要求	毕业要求指标	课程目标
问题分析能力	能够应用石油化工基础及专业知识,通过文献研究分析化工过程中的复杂工程问题,并得到可靠的结论	目标 1:通过查阅相关文献,确定综合实验内容和方案,给出确定的依据
研究能力	掌握石油化工专业实验原理与操作方法,能够设计实验、分析与解释数据,并通过信息综合得到合理有效的结论	目标 2:对实验结果进行处理、计算、分析讨论,确定油品性质和化学组成的关系,获得实验研究结论
个人和团队能力	具有较强的团队意识和协作精神,能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员及负责人的角色	目标 3:与同组成员协调合作,分工完成实验;在团队合作中发挥自己的优势
沟通能力	能够就复杂的工程问题与业界同行及社会公众进行有效的沟通,包括撰写书面报告或设计文稿、陈述发言、回答问题等	目标 4:团队内部共享每位成员的实验数据,撰写综合实验报告,制作实验答辩 PPT 并进行汇报交流,回答师生提出的问题
终身学习能力	理解自主学习和终身学习的重要性,具备自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力	目标 5:自主查阅文献并确定实验方案;自主参照实验指导书学会实验操作方法并完成实验操作;自主学习并使用数据处理软件;具备自主学习习惯和终身学习意愿

二、以学生为中心的教学环节的设计

以学生为中心的教学模式与传统的教学模式有很大的区别。传统的教学模式是以教师讲授为主,学生处于被动接受状态,学习积极性不高。以学生为中心的教学模式使学生从被动学习转变为主动学习,在教师的指导下明白要“学什么”“怎么学”^[9]。在以学生为中心的教学模式下,近几年各高校利用翻转课堂、蓝墨云、雨课堂等新的教学手段^[10-11],帮助学生自主学习。石油加工工程实验是

以团队合作形式开展的项目研究类综合实验,要求学生完成以下任务:原油实沸点蒸馏切割得到各宽窄馏分油,对原油及其馏分油进行性质和组成的测定,根据得到的数据分析油品性质变化规律及油品性质与化学组成的关系,确定原油的属性,设计合适的加工方案、画出加工方案流程框图并进行答辩汇报。在该课程的教学,我们设计了 12 个教学环节(见表 2),利用学校的泛雅超星平台^[12]、微信群等布置作业,并完成答疑、讨论等环节的任务。

表 2 石油加工工程实验教学活动安排

教学环节	内容	要求	完成人	对应课程目标
1	自愿组成实验小组,每组 7 人左右	每个实验小组推选一名同学作为组长	学生	4
2	根据已经学过的理论知识,查阅文献,撰写实验开题报告	组员分头查阅文献,小组讨论确定实验方案,形成书面开题报告	学生	2、5
3	确定最终的实验方案	小组完成初步的实验方案,主动找老师讨论,说明实验方案确定的依据	学生、教师	4、2
4	分工布置任务,列出完成任务的时间节点	详细列出每位组员需要完成的任务及时间节点	学生	3、4
5	在实验室进行实验设备与实验操作方法的学习	进实验室前预习实验内容和方法,到实验室后先熟悉实验设备的使用方法,老师提问并补充	学生、教师	1、2、5
6	到实验室完成实验操作,得到实验数据	小组成员分工合作,完成所有实验操作	学生	1、2、3
7	讨论实验数据的准确性,并补充部分实验数据	小组讨论分析实验数据,核实数据的准确性,不准确的数据重新测定	学生、教师	1、2、4
8	进行数据处理,得到正确的结果	利用学过的专业知识,利用现代计算工具获得相关数据	学生	2、5
9	撰写综合实验报告	小组成员分工合作,通过多次讨论与交流,统一意见,完成一份结论准确的综合实验报告	学生	1、2、3、4、5
10	讨论综合实验报告	老师对每个小组进行单独点评,指出报告的问题,提出修改意见	学生、教师	2、4
11	修改确定最终报告	小组根据老师的意见修改,确定最终报告	学生	2、4、5
12	进行 PPT 汇报和答辩	每组选择一名同学汇报,其他同学回答问题	学生、教师	3、4、5

在所有教学环节中,学生占主导地位,教师只进行指导。这样的模式打破了以往学生被动学习的局面。5个课程目标在12个教学环节中多次出现,如表3所示。

表3 毕业要求对应的课程目标在教学中的出现次数和排序

课程目标	毕业要求	出现次数	排序
目标1	问题分析能力	4	4
目标2	研究能力	9	1
目标3	个人和团队能力	4	4
目标4	沟通能力	8	2
目标5	终身学习能力	6	3

由表3可知:1.石油加工工程实验最重要的目的是培养学生的研究能力,这也是项目研究类综合实验的主要目标;2.在团队协作过程中,学生的沟通能力非常重要,因为任何重大科技成果的

取得都离不开团队合作与交流沟通;3.以学生为中心的教学模式注意学生终身学习能力的培养,这也是工程教育专业认证的要求。

三、过程性评价考核方式

合适的考核机制和评分办法有助于激发学生的学习积极性和创造性。本课程实验是以团队形式来完成的,团队成员具有不同的特点,在团队中可以发挥不同的作用。如有的同学组织能力强,适合作为团队负责人协调任务安排,并定期召集团队讨论实验进展情况;有的同学研究能力强,文献查阅和方案设计能力突出,文字表达能力强,适合负责撰写实验方案和分析实验结果;有的同学具有很强的动手能力,适合在实验操作过程中发挥主力作用;有的同学有很强的软件学习和使用能力,适合在数据分析和处理环节发挥更大的作用。鉴于此,我们采用过程性评价方式,针对不同的实验环节进行逐项考核(见表4),以客观公正地评价学生能力,促进团队成员相互学习、取长补短、共同进步和提高。

表4 过程性评价考核指标

教学环节	考查点	优秀(90分)	差(60分)	成绩占比/%
1	组成团队的主动性	积极主动	不积极,被动组团	2
2	查阅文献、撰写开题报告的情况	内容完整,方案合理	内容不完整,方案错误较多	10
3	与同学及老师的沟通情况	积极主动,发表观点,观点正确	不积极,不发表观点	5
4	把握整体任务、明确分工及完成时间节点的情况	积极配合,明确任务的分工和完成时间节点	不积极,不主动,任务分工和完成时间节点不明确	3
5	对实验设备和实验方法的掌握情况	熟悉实验设备,学会设备操作方法,掌握实验方法和步骤	设备操作方法不正确,实验步骤掌握不全面	10
6	实验数据准确性	严格按照实验步骤开展实验,得到的实验数据准确	实验操作不严谨,数据误差偏大	30
7	参与讨论并补做部分数据	讨论时能发表正确观点,并补做必要的数据	参加讨论不发言	5

续表 4

教学环节	考查点	优秀(90 分)	差(60 分)	成绩占比/%
8	数据处理的准确性	数据处理准确、完整,能够通过查阅文献了解相关知识,能正确使用公式	数据处理计算能力差	5
9	报告结论的准确性,单位、有效数据的正确率	报告结论完整、准确,有效数字准确,单位正确	报告结论不完整、有错误,有效数字不准确,单位有多处错误	10
10	发表观点情况	准确阐述报告的结论及其依据、数据处理的方法	讨论不发言或发表观点不准确	5
11	报告规范性	格式规范、有效数字准确,作图规范,单位正确,结论准确,语言通畅	报告错误太多	5
12	PPT 质量及答辩效果	PPT 质量高,汇报讲解清晰,回答问题准确	PPT 质量不高,汇报讲解表达不清,回答问题有错误	10

教师根据具体的考核指标,评定每个小组的成绩,同时团队成员根据各自的贡献相互打分,团队负责人根据团队成员评分情况确定每个成员成绩的权重系数,最终每位学生的成绩由教师的评分与团队负责人确定的权重系数综合得到。

四、毕业要求达成度评价及质量持续改进的反馈

由于每个教学环节中体现了不同的教学目标,因此我们根据不同教学环节的目标、内容和考查点,在团队教师讨论的基础上确定不同目标的成绩在总成绩中的比例,由此计算出 5 个目标的额定成绩,如表 5 所示。

由表 5 可以看出,在过程性评价中,研究能力的成绩占比最高,体现了项目类实验中研究能力的重要性,这与表 3 的结果一致。根据各目标的额定成绩比例,教师可以按照毕业要求达成度计算公式得到每位学生的毕业要求达成度。

表 6 所示为某同学 12 个教学环节的得分及毕业要求达成度,表 7 所示为某班 31 名学生的毕业要求达成度。每个学生课程目标的实际得分根

据表 5 中给出的计算方法得到。

由表 6 和表 7 可以看出,某同学的毕业要求达成度和全班同学的毕业要求达成度是有差别的,体现了不同学生之间的差异。相对于全班同学来说,该同学具有很好的个人和团队协作能力及沟通能力,但其终身学习能力偏弱。学生的终身学习能力在 12 个教学环节中占有重要地位,主要体现在以下几个方面:查阅文献并撰写实验开题报告,在实验室进行实验设备与实验操作方法的学习,会使用各种软件处理数据并得到正确的结果,撰写综合实验报告,进行 PPT 汇报和答辩。学生终身学习能力的达成度最低,说明学生缺少主动学习的积极性,自主学习能力不足。因此,教师可以据此调整教学,采取督促检查等措施来提高学生的终身学习能力,如要求学生及时完成各项任务,要求每位学生在规定时间内查阅的文献数量达到一定标准并提交开题报告,对没有按时完成任务的同学给予适当的扣分等。教师通过持续改进,依次在各个环节中提高学生的学习主动性,培养学生的自主学习能力和按时完成任务的自觉性。

表 5 不同课程目标的额定成绩

教学环节	课程目标	成绩比例/%	目标 1 成绩比例/%	目标 2 成绩比例/%	目标 3 成绩比例/%	目标 4 成绩比例/%	目标 5 成绩比例/%
1	4	2				0.69	
2	2、5	10		6.94			6.94
3	4、2	5		3.47		3.47	
4	3、4	3			2.08	2.08	
5	1、2、5	10	10.42	10.42			10.42
6	1、2、3	30	31.25	31.25	31.25		
7	1、2、4	5	5.21	5.21		5.21	
8	2、5	5		3.47			3.47
9	1、2、3、4、5	10	17.36	17.36	17.36	17.36	17.36
10	2、4	5		3.47		3.47	
11	2、4、5	5		5.21		5.21	5.21
12	3、4、5	10			10.42	10.42	10.42
	合计	100	64.24	86.8	61.11	47.91	53.82
	目标额定成绩	20.47	27.65	19.47	15.26	17.15	

表 6 某同学毕业要求达成度

毕业要求	课程目标	实际得分	额定得分	毕业要求达成度
问题分析能力	1	18.71	20.47	0.91
研究能力	2	25.50	27.65	0.92
个人和团队能力	3	18.04	19.47	0.93
沟通能力	4	14.48	15.26	0.95
终身学习能力	5	15.26	17.15	0.89
合计	92	100		

注:单项毕业要求达成度=该项课程目标实际得分/该项课程目标的额定成绩。

表 7 某班的毕业要求达成度

学时:32 学分:2 学生人数:31 平均分:83 考核方式:过程性评价					
课程目标	1	2	3	4	5
毕业达成度	0.84	0.83	0.87	0.83	0.77

五、结语

我们基于工程教育专业认证的三大理念,对石油加工工程实验进行了教学改革,以成果为导向反向设计课程目标,并以学生为中心开展教学,

通过学生自主查阅文献、撰写开题报告、分工合作、数据处理、撰写综合报告、制作 PPT 汇报和答辩、反复讨论等环节,使学生具备毕业要求所需的能力。我们还通过过程性评价,及时发现教学中

存在的问题,并进行持续改进,从而达到提升工程教育质量的目标。(文字编辑:孙昌立)

参考文献:

- [1] 何菁菁.我国工程教育实现国际多边互认[N].中国教育报,2016-06-03.
- [2] 王孙禹,赵自强,雷环.中国工程教育认证制度的构建与完善:国际实质等效的认证制度建设十年回望[J].高等工程教育研究,2014(5):23-34.
- [3] 余勤,曾晓东,王建,等.新工程教育认证标准下课程教学的探索与实践[J].实验技术与管理,2019,36(4):183-187.
- [4] 林健.运用研究性学习培养复杂工程问题解决能力[J].高等工程教育研究,2017(2):79-90.
- [5] 李志义.对我国工程教育专业认证十年的回顾与反思之一:我们应该坚持和强化什么[J].中国大学教

学,2016(11):10-16.

- [6] 唐凤翔,郑允权,黄剑东.基于成果导向的制药工程专业实验教学改革实践[J].实验技术与管理,2019,36(4):217-221.
- [7] 王远洋.基于工程教育专业认证的工业催化课堂教学改革研究[J].化工高等教育,2018(4):36-42.
- [8] 李瑞丽,徐春明.石油加工工程综合实验的教学与实践[J].实验技术与管理,2007(5):108-109.
- [9] 黄海婷,孙东昌.基于OBE理念的“微生物学实验”改革探索[J].实验技术与管理,2019,36(5):232-250.
- [10] 朱桂萍,于歆杰.基于翻转课堂的主动学习促进策略[J].中国大学教学,2018(5):28-32.
- [11] 于歆杰.以学生为中心的教与学[M].2版.北京:高等教育出版社,2017:133-160.
- [12] 陆丽婷.泛雅网络平台在教学中的功能和应用分析[J].江苏科技信息,2018(25):67-68.

(上接第87页)

参考文献:

- [1] 赵清华,高焕方,许俊强,等.化工原理实验教学中工程观点的培养[J].化工高等教育,2010(1):37-39.
- [2] 严明芳,蒋赣,赵红.化工专业化工原理实验教学的思考与改革[J].化学工程与装备,2017(5):277-278.
- [3] 焦伟洲,刘有智,袁志国,等.基于工程实践能力培养的化工原理实验教学模式的研究与探索[J].实验技术与管理,2014,31(3):166-168.
- [4] 赵朝晖.CDIO工程教育模式下化工原理实验教学改革初探[J].化工高等教育,2011,28(6):45-47.
- [5] 刘艳,欧阳跃军,陈迪钊,等.化工原理实验教学中化工安全意识培养的探索与实践[J].化工高等教育,2017(4):89-91.
- [6] 李书鹏,张伟光,李金龙,等.化工原理实验教学应注重培养学生的“四种意识”[J].化工时刊,2017,31(1):47-49.
- [7] 康建新,郭丽杰.在役柴油加氢装置HAZOP分析技术[J].中国安全生产科学技术,2012,8(1):145-150.
- [8] Guo L J, Kang J X. An extended HAZOP analysis

approach with dynamic fault tree[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2015, 38:224-232.

- [9] Fattor M V, Vieira M G A. Application of human HAZOP technique adapted to identify risks in Brazilian waste pickers' cooperatives[J]. Journal of Environmental Management, 2019, 246:247-258.
- [10] Tyler B J. HAZOP study training from the 1970s to today[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2012, 90(5): 419-423.
- [11] 郭丽杰,康建新.石化装置基于风险的HAZOP分析方法[J].化学工程,2012(5):70-74.
- [12] Kang J X, Guo L J. HAZOP analysis based on sensitivity evaluation[J]. Safety Science, 2016, 88: 26-32.
- [13] 施永忠. HAZOP分析法在油气生产安全管理中的应用研究[J].化学工程与装备,2019(6):284, 292-294.
- [14] 许兰娟.间歇过程的计算机辅助HAZOP分析[J].安全、健康和环境,2012,12(3):45-46.
- [15] 曾艳萍,车轶.间歇过程中的HAZOP应用[J].现代职业安全,2014(3):81-83.
- [16] 康建新,郭丽杰.高校化学实验室安全分析方法研究[J].实验技术与管理,2014,31(12):203-206.