

实验与实践教学

以课题制为核心的化工专业 实习方式改革与实践^{*}

王 豪, 吴 雁, 王 兵, 蒲冠洲, 刘文士, 李 敏

(西南石油大学 化学化工学院, 四川 成都 610500)

[摘要] 为培养学生的工程素质, 我校化工专业采用以课题制为核心的实习方式, 将企业生产中的工程问题梳理、凝练成小课题, 让学生分组完成, 企业技术人员和学校教师共同指导, 采用课题报告、答辩、过程表现、安全知识考核等方式评价学习效果。这种实习方式能有效培养学生的自学能力和研究能力, 增强学生的团队合作、沟通交流能力和社会责任感, 显著提高学生的工程素质, 有助于学生在学科竞赛和课程学习中取得优异的成绩。

[关键词] 课题制; 实习; 工程素质; 自学能力; 研究能力

Reform and Practice of Project-based Internship Program for the Specialty of Chemical Engineering

Wang Hao, Wu Yan, Wang Bing, Pu Guanzhou, Liu Wenshi, Li Min

Abstract: In order to increase the students' engineering capabilities, a project-based practice training was adopted in the chemical engineering specialty of Southwest Petroleum University. The professors of the university and technicians of the enterprise collected and identified the specific engineering problems from the production in the enterprise, divided them into several achievable projects, and assigned to students in groups. Professional technical personnel were invited and worked with the university faculty as co-advisors. The students' learning effects were assessed comprehensively in the form of course report, presentation, process performance and safety knowledge tests. This practice mode can effectively develop the students' self-learning abilities and enhance the non-academic training such as team-work spirits, communication skills and social responsibilities. Evidently, the application of the above internship mode could improve the students' engineering qualifications, directly contributing to the students' excellent achievements in the academic competitions and course studies.

Key words: Project-based; Internship; Engineering qualifications; Self-learning; Research ability

[作者简介] 王豪(1978-), 男, 教授, 博士。

^{*} 基金项目: 西南石油大学教研项目(2017JXYJ-11)。

生产实习是工科人才培养的重要环节,是将理论知识应用于实践的过程,也是学生向工程师转变的认知阶段^[1]。然而,传统的化工专业实习模式以参观实习为主,学生对实际工程问题的认识不够,其分析问题、设计解决方案的能力及研究能力等工程技能得不到有效提高^[2],团队合作、表达交流能力和社会责任感也无法得到有效的培养。为了强化实习环节对学生工程素质的培养作用,我校化工专业 2014 级卓越工程师班尝试将企业工程问题转化为小课题,通过学生分组和校企联合指导的方式,开展了以课题制为核心的实习改革,取得了良好的效果。

一、实习的组织和实施

(一) 实习的组织

本次实习为期 5 周,学生 32 人,指导教师 2 人,实习地点在山东省滨州市博兴县京博石化有限公司。该公司是一家集石油炼制和化工于一体的大型民营企业,年加工原油 350 万吨,2015 年获批进口原油使用资质。公司拥有包括常减压蒸馏、催化裂化、延迟焦化、柴油加氢、汽油加氢等在内的 10 余套炼化装置,采用了国内外先进技术。

(二) 实习的实施

本次实习过程由安全制度学习及考核、课题制分组实习、交换装置实习和实习总结答辩组成(见表 1)。学生被安排在常减压蒸馏、催化裂化、汽油加氢、柴油加氢、柴油改质和制氢装置实地学习工

艺流程、主要设备、操作方式和安全规程等知识。

表 1 实习过程

时间	活动	参与人员
1 天	学习企业概况和企业文化,参观企业开设的公益机构	企业领导和人力资源部门负责人、全体师生
3 天	开展安全培训,进行安全知识考核	企业安全部门负责人、全体师生
1 天	介绍全厂工艺流程和生产情况	企业生产部门负责人、全体师生
18 天	布置课题,学生分组进入各装置实习	各车间技术人员、全体师生
5 天	学生相互交换装置实习	全体师生
1 天	参加课题答辩及实习总结会	企业领导、生产部门和各车间负责人、学院专家、全体师生

本次实习的主要创新之处是针对生产装置上的实际工程问题开展初步的课题研究工作。每个课题组由 2~3 名学生组成,企业为每组配备了工程技术人员作为指导教师,课题如表 2 所示。学生白天在装置上开展实习及课题研究,晚上则集中学习流程模拟软件,查阅文献并交流、讨论实习的收获及课题进展。

表 2 实习分组课题情况

课题	所属装置	课题	所属装置
再生器跑剂分析	催化裂化	加热炉及换热器运行效率分析	常减压蒸馏
降低吸收稳定系统干气中 C ₃ 及 C ₃ 以上含量	催化裂化	分馏塔停用汽提氢气分析	柴油加氢
冷却结晶提高烟气脱硫产物十水硫酸钠产量	催化裂化	柴油改质装置分馏塔优化模拟	柴油改质
催化装置原料油换热网络优化	催化裂化	气分装置能耗数据分析	制氢
提高轻汽油醚化烯烃转化率	汽油加氢	提高制氢装置转化炉热效率	制氢
汽油中噻吩抽提萃取工艺节能优化	汽油加氢		

(三) 实习的考核

针对课题制实习的特点,为了考查学生的工程能力,本次考核修订了传统的以实习报告为主的考核方法,采用多样化评价方式,从实习报告、课题答辩、实习过程综合表现、安全生产知识和平时考勤与纪律 5 个方面评定学生成绩(见表 3)。

实习报告包括课题研究情况、工艺流程简述和安全环保要求等内容,答辩环节邀请企业技术人员和学校专家作为评委,实习过程考核依据为教师的随机检查和每周一次的分组实习汇报情况,安全知识考核以闭卷考试成绩为依据。

表 3 实习采用的考核方式

项目	成绩评定内容或依据	比例
实习(含课题研究)报告	课题背景、文献调研、问题分析、解决方案、计算结果及分析、图纸绘制、存在问题和建议、写作规范等;所在装置及其他 1~2 个装置的工艺流程、主要设备的用途及特点、原料及产品组成和性质、工艺参数和安全要求等;报告撰写的规范性和文字水平	35%
课题答辩	多媒体材料制作精良、条理清晰,汇报简洁,熟练回答问题	25%
实习过程综合表现	在装置上认真学习,积极与技术人员交流,主动学习相关知识;课余积极与老师和同学讨论,自学工具软件,自学能力强;勇于克服困难,能持之以恒;具有较强的团队合作能力等	20%
安全生产知识考核	参加企业举办的安全生产培训,完成规定学时并参加考试获得分数	10%
平时考勤与纪律	出勤率、请假率、遵守企业和学校纪律的情况	10%

二、课题制实习的优势

(一) 激发学生自主学习意识

化工专业传统的实习模式是以现场参观为主,其主要问题是初期学生兴趣很高,随着对流程的不断熟悉,学习热情下降,最终的实习效果不佳^[3]。本次实习采用课题制模式,突出了 PBL(problem-based learning)导向。我们请企业技术人员收集生产中存在的工程问题,由专业教师分析并梳理其中涉及的理论知识点,根据学生修读课程情况确定课题,再根据学生特长和兴趣将其分成 2~3 人的小组,布置课题任务,并请企业为每组配备 1 名技术人员担任导师。学生通过文献查阅、数据收集、过程模拟等得到课题的初步解决方案;最终教师根据文字报告和答辩确定课题成绩。课题实例见图 1。

课题制实习模式促使学生带着问题上装置,学习目的明确,学习主动性增强。学生在装置上不仅学习流程和设备,也会根据课题内容主动与

技术人员交流讨论,利用自己所学的理论知识分析问题。下班回到驻地后,学生则主动查阅文献,自学工具软件,并与指导教师讨论。这种模式强调学生通过自主探究分析隐含在工程问题背后的专业知识,深化对知识的理解,体会知识的价值,并通过自己收集、分析和处理信息感受和体验解决方案的产生过程^[4],进而具备自主学习的能力。

(二) 培养学生研究能力

研究能力是工程人才培养的重要目标之一,其主要体现在问题意识、获取专业知识的能力、逻辑论证的能力和 research 方法的掌握等^[4]。传统的教学模式缺乏问题情境,且课堂问题多在假设情境下产生^[5],课时和教学内容的限制又使学生难以系统地学习研究方法^[6]。课题制实习模式提供了来源于生产实践的工程问题,这些问题不仅与理论知识结合紧密,而且有足够的开放空间供学生探索,从而激发其研究兴趣。较为充足的时间也有利于教师引导学生通过主动思考系统掌握研究

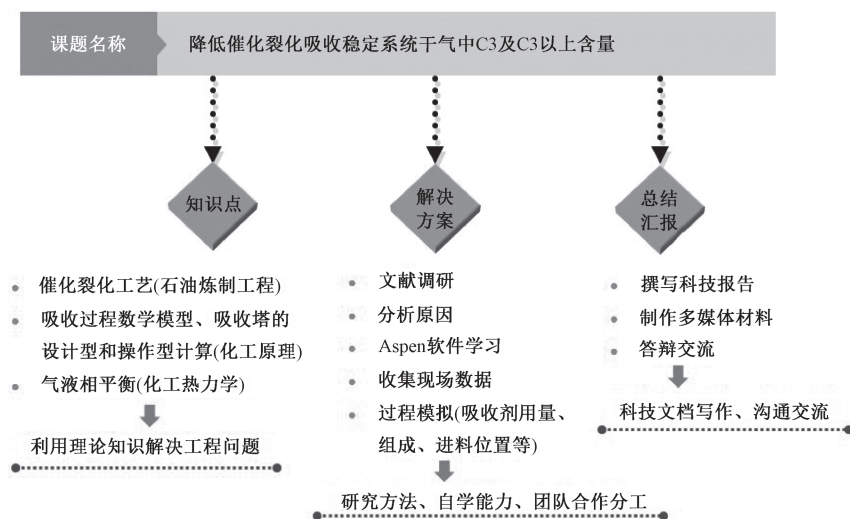


图1 课题制实习实例

方法。学生从查阅文献和收集数据入手,利用所学理论知识分析问题产生的原因,设计解决问题的备选方案;通过小组讨论及与教师和技术人员的交流,比较并确定解决方案;自学过程模拟软件,搭建流程模拟平台,建立数学模型并求解;根据文献资料和技术人员的建议分析并解释数据结果,找出存在的不足,修正并完善研究方案;总结研究结果,按照科技文档写作规范完成报告的撰写;提炼研究结果,制作答辩多媒体材料,并通过答辩与行业专家进行沟通交流。

完整的研究过程帮助学生系统学习了研究方法,使其初步具备了信息检索、设计研究方案、专业软件使用、数据分析、科技文档写作和学术汇报等研究能力;同时培养了学生的研究素养和态度,使其认识到受挫和失败是研究中的常态,认识到研究需要严谨踏实、敢于质疑权威、客观看待事物并克服困难、坚持不懈^[7]。此外,该过程也帮助学生为未来职业或教育道路的选择做好准备,包括认清是否要继续读研,认清喜欢和向往的专业方向等。

(三) 训练学生沟通与交流能力,增强其自信心

课题制实习的主要不足是学生对课题相关的装置学习热情较高,而对其他装置关注度不够。为此,在实习后期,我们采取学生互换的方式,将各组学生交换到其他装置上学习,让原来在该装置实习的学生负责讲解工艺流程、操作规程和典

型设备等,并以新来的学生是否能听懂、提出的问题是否能得到解答作为评判该装置学生实习情况的标准之一。学生要完成讲解工作,不仅需要熟悉装置情况,而且需要总结提炼重点内容,并准确、清晰地表述。这种方式不仅调动了学生自主学习的积极性,而且锻炼了学生的表达与交流能力,增强了学生的自信心。其他班级的石油炼制工程理论课程教学中也邀请参加过实习的学生讲解工艺流程,进一步提高了学生的专业自信心。

(四) 强化安全环保意识,培养学生团队合作意识,使其理解工程师的职业道德

化学工业具有危险性和两面性的特点,学生应当具备包括安全环保知识、团队合作精神、化学工程师的职业道德等在内的工程素质^[8]。而传统的课堂教学方式及教师较弱的工程背景都不足以支撑工程素质的培养。本次实习特别强化了对学生工程素质的培训。

第一,所有学生和指导教师都必须经过24学时系统的安全知识学习和培训,常用安全防护设备做到了每人必练、人人考核。学习结束后,我们采用闭卷考试检验学生对安全知识的掌握程度,只有考试成绩100分(满分)的学生才能获准进入装置参加实习。

第二,课题制实习采用分组方式进行,2~3人一组。根据课题情况、个人特长和意愿,每名学生承担不同的任务,如查阅并总结文献资料、学习

模拟软件、收集数据、撰写报告文档和制作答辩多媒体材料等。学生通过团队合作解决工程问题,在这一过程中深刻体会团队合作的重要性和个人在团队中的作用,提高人际交往能力。

第三,我们邀请企业专家结合生产过程和企业文化,通过丰富的实际案例为学生讲解化学工程师应该遵守的职业道德规范和应当承担的社会责任,同时通过素质拓展活动(植树,参观养老院、循环产业园、博物馆等)帮助学生切身感受化工企业的社会责任感。

三、人才培养效果

(一)学生工程能力提高

课题制实习有效训练了学生分析隐含在工程问题中的理论知识的能力,使其掌握了研究的基本方法,强化了自主探究和分工合作,具备了解决工程问题的技能。实习过程的各个环节有效支撑了工程教育认证要求(见表3)。学生取得了初步的研究进展,得到了模拟优化的结果,并提供给企

业作为技术改造或工艺参数调整的依据。如“降低催化裂化吸收稳定系统干气中 C3 及 C3 以上含量”课题中,学生通过吸收稳定装置全流程 Aspen 模拟,对吸收剂用量、进料位置、解析塔温度、粗汽油组成等进行了优化,研究了其与干气 C3 含量之间的关系,得到了工艺条件的调整方案和工艺流程的改进方案;“提高制氢装置转化炉热效率”课题中,学生则通过收集大量现场实时监控数据,利用 MATLAB 拟合工具建立了热效率与排烟温度和烟气氧含量、鼓引风机开度与过量空气系数和炉膛负压的数学模型,最终通过对鼓引风机开度的调整实现热效率的提高,并给出了不同工况下操作参数的调整方案,提出了增加风量检测系统的建议。在课题答辩环节,企业高管对学生的课题研究结果给予高度评价,这为校企双方长期合作奠定了坚实基础。2017 年 6 月,学校与京博控股有限公司正式签署合作仪式,共建实习实训基地。

表 3 实习方式对工程教育认证毕业要求的支撑情况

工程认证 毕业要求	课题 研究	实习 报告	课题 答辩	素质 拓展	安全知识 考核	企业专家 讲座	参观 企业
工程知识		√			√		
问题分析和设计/开发解决方案	√		√				
研究能力	√		√				
沟通交流	√	√	√	√			
团队合作	√		√	√			
职业道德				√	√	√	√
社会责任感				√	√	√	√

学生 4 月初完成实习回到学校后,组队参加了全国大学生化工设计大赛和化工安全设计大赛,利用实习期间获得的工程经验、掌握的工程技能和研究方法、形成的自学能力和团队合作意识,塑造的不畏困难和持之以恒的品质,取得了优异的成绩。全班 32 名学生中有 14 人分获第十一届全国大学生化工设计竞赛一等奖 1 项、二等奖 1 项、三等奖 3 项和第五届全国大学生化工安全设

计大赛唯一特等奖(获奖的 6 名学生中有 4 名来自本实习队)。3 名学生获得保送研究生资格,分别被华南理工大学和重庆大学录取。1 名学生获得四川省优秀毕业生称号。全班 17 名学生考取研究生,其中 14 名考入“985”“211”高校,深造率达到 53.1%。

(二)学生专业自信心增强,学习主动性提高

近年来,社会上关于化工妖魔化的论调不绝

于耳,对学生的专业自信心产生了一定的负面影响。通过本次实习,学生亲身感受到炼化企业良好的发展及企业对高素质工程技术人员的渴求,坚定了专业自信,树立了投身化工行业的志向。在全班 22 名考研学生中,86%的同学报考了化工及其相关专业。特别是全班有 12 名学生为转专业学生,通过本次实习,他们增强了对化工专业的了解和自信。

课题制实习模式有效培养了学生的自学能力,提高了学生学习的主动性。在返校后的专业课程学习中,本班学生在课堂出勤率、考试合格率和优秀率等方面均比其他班级学生有明显的提高。特别是在大四上学期,尽管面临考研复习的压力,但学生仍然坚持认真学习化工安全与环保、化工技术经济等专业课程,出勤率保持在 90% 以上。
(下转第 108 页)

(上接第 12 页)2.完善工程师注册制度。我国应从教育、经验和考试要求出发,完善注册工程师制度,促使学生毕业后按照工程师注册的要求补充相关知识,获取实践经验,快速达到职业基本要求,从而使高等工程教育培养的工程师“毛坯”在具体的工程实践中锻炼“成型”。同时,国家应设定注册工程师的有效期限,定期再进行考核,从而形成一个促进工程技术人员水平不断提高的循环机制,这对于长期保证工程技术人员的质量能起到重要作用。

3.加强专业认证制度与工程师注册制度的相互配合和衔接。我国应注重发挥专业认证在工程师注册制度中的基础作用,真正将专业认证环节纳入执业资格制度;同时强化专业认证机构和工程师注册机构的相互渗透和联系,加强二者之间的沟通和协调,进一步规范人才培养途径,保证工程教育质量和工程师培养质量。(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] Prados, John W. A Proud Legacy of Quality Assurance in the Preparation of Technical Professionals: ABET 75th Anniversary Retrospective[R]. Baltimore: Accreditation Board of Applied Science, Computing, Engineering and Technology(ABET, Inc.), 2007.
- [2] Guerra, David R Reyes. "ECPD Becomes the Accreditation Board of Engineering and Technology", Open-

ing of the ABET's Forty-Eighth Annual Report[R]. Accreditation Board for Engineering and Technology, New York, 1980.

[3] ABET. History [EB/OL]. <https://www.abet.org/about-abet/history>.

[4] ABET. Member of Societies[EB/OL].<http://www.abet.org/about-abet/member-societies>.

[5] ABET. Accreditation step by step [EB/OL]. <https://www.abet.org/accreditation/get-accredited/accreditation-step-by-step>.

[6] ABET. Accreditation criteria and supporting docs [EB/OL]. <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria>.

[7] NCEES. Committees and voting[EB/OL]. <http://ncees.org/about-ncees/ncees-committees-and-voting>.

[8] NCEES. Licensure [EB/OL]. <http://ncees.org/licensure>.

[9] NCEES. Licensure boards [EB/OL]. <http://ncees.org/licensing-boards>.

[10] Charter and Rules of Procedure, First Annual Report of E. C. P. D. [R]. Engineers' Council for Professional Development, New York, 1933.

[11] NCEES. FE exam [EB/OL]. <http://ncees.org/exams/fe-exam>.

[12] NCEES. PE exam [EB/OL]. <http://ncees.org/exams/pe-exam>.

经教授委员会通过,充分发挥其在学科建设、学术评价、学术发展等方面的作用。群众参与、专家咨询和集体决策相结合的决策机制不断完善,初步形成了规范的“三重一大”决策咨询体系。

5.监督保障机制更加完善。一是落实公开制度,建立了“三重一大”决策公开制度责任制,对二级单位的信息公开情况定期督查,要求落实不力的单位限期整改。二是加大检查考核力度,将贯彻落实“三重一大”决策制度的情况作为校院两级民主生活会、述职述廉、群众测评、校内巡察的重要内容,并纳入二级单位党风廉政建设责任制检查体系,加强对二级单位科学决策的监督。三是加强执行力建设,全程督办常委会议和校务会议议决事项,并与问责紧密结合,确保“件件有督办、件件有反馈”。四是科学界定不履行和不正确履行“三重一大”决策制度的内容,确保责任明确、运转科学、执行到位。

四、总结

通过不断探索和实践,中南大学决策制度的

框架已基本形成,科学民主依法决策机制已逐步建立,监督检查保障机制更加完善,校院两级领导班子科学民主依法决策能力和水平显著增强。本校的实践具有一定的借鉴意义。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] 夏拥军,尤树林,章法洪.校二级学院落实“三重一大”集体决策制度的实践与思考[J].中国农业教育,2015(3):78-81.
- [2] 庄德水.高校“三重一大”制度的生成逻辑、内在规范和实施机制[J].教育与教学研究,2011,25(8):51-55.
- [3] 熊项斌.提高党政机关“三重一大”集体决策制度执行力的思考[J].学校党建与思想教育,2011(12):28-29.
- [4] 中共中央办公厅.关于坚持和完善普通高等学校党委领导下的校长负责制的实施意见[Z].中办发〔2014〕55号.
- [5] 别敦荣,菲利普·阿特巴赫.中美大学治理对话[J].清华大学教育研究,2016,37(4):36-44.

(上接第32页)

四、结论

以课题制为核心的实习模式有效克服了传统的参观实习存在的学生学习兴趣不高、工程素质提升有限、非专业技能培养缺失等问题,强化了培养了学生利用工程知识分析和解决实际工程问题的能力、学术思维和研究技能,激发了学生的自主学习意识,提高了学生自学能力,同时加强了学生安全环保意识、交流表达能力和团队合作精神的培养,取得了良好的效果,有效支撑了工程人才培养目标的实现。该模式为化工专业实践教学的改革提供了一条新的思路。(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] 李秀坤,万建,高明生.高校本科毕业实习模式建设与实践研究[J].黑龙江高教研究,2015(4):100-102.
- [2] 温丽媛,张战军,吴世逵.OBE培养模式下石油化

- 工专业生产实习运行机制研究[J].化工高等教育,2016(5):58-61.
- [3] 邱丽,闫晓亮,徐守冬,等.卓越工程师培养过程中企业生产实习的改革与探索——以太原理工大学为例[J].化工高等教育,2017(2):20-24.
- [4] 王守仁,陈新仁.加强英语专业学生研究能力的培养[J].外语界,2008(3):1-6.
- [5] 任之光,梅红.双创背景下高校教育教学改革探索研究[J].中国高教研究,2017(1):86-90.
- [6] 王金发,戚康标,何炎明.实行研究性实验教学培养学生的研究能力[J].中国大学教育,2005(4):8-9.
- [7] 郭卉,韩婷,黄刚.大学生科技创新团队:最有效的本土化大学生科研学习形式——基于三所研究型大学的调查[J].高教探索,2018(1):5-10.
- [8] 叶长燊,邱挺,李玲,等.化工原理课程体系中工程素质与能力的培养[J].化工高等教育,2016(3):57-63.