实验与实践教学

OBE 理念下实践教学体系的构建*
——以农林类高校林产化工专业为例

任世学,李淑君,陈志俊,马艳丽,张继国

(东北林业大学 材料科学与工程学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

[摘要]构建基于 OBE 理念的工程类专业实践教学体系,可以极大地提升我国工科人才培养水平。文章以农林类高校林产化工专业为例,从实践教学产出的定义、实现、评价和考核及评价结果的使用等方面构建了实践教学体系,为农林类高校工程类专业培养质量的提高做了有益尝试。

[关键词]实践教学;OBE;工程教育认证

Construction of Practical Teaching System for Chemical Industry of Forestry Products Major in Agricultural and Forestry Universities Based on OBE Idea

Ren Shixue, Li Shujun, Chen Zhijun, Ma Yanli, Zhang Jiguo

(*College of Material Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang 150040*)

Abstract: Designing the training system of engineering majors based on OBE idea can greatly promote talent-cultivating level. The practice teaching system for chemical industry of forestry products major in agriculture and forestry universities was built from the ways of the definition, realization, evaluation and assessment and how to use the evaluation and assessment. It was beneficial to improving the quality of the cultivation for engineering majors in the agricultural and forestry universities.

Key words: Practical teaching; OBE; Engineering education accreditation

近年来,工业界对具有良好工程实践能力人才的需求越来越迫切,加上高等工程教育政策的

[作者简介]任世学(1976-),男,副教授,博士;李淑君(1975-),女,教授,博士;陈志俊(1978-),男,教授,博士;马艳丽(1979-),女,讲师,博士;张继国(1975-),男,讲师,博士。

[通信作者]李淑君,E-mail:lishujun@nefu.edu.cn。

*基金项目:东北林业大学教育教学研究课题"OBE 理念下林产化工专业实践教学体系的构建与创新"(编号:DGY2019-16)。

驱动，高校积极推动具有良好工程实践能力人才的培养，进行了诸多有意义的探索和实践。从这些年我国高校工程教育的改革成效来看，通过工程教育专业认证促进具有工程实践能力人才的培养是一条十分重要的途径。事实上，自 20 世纪 80 年代以来，美国、英国、加拿大、爱尔兰、澳大利亚、新西兰等发达国家的职业工程师协会都建立了工程专业认证系统，明确提出了工科毕业生的知识、能力和职业素养等要求[1]。例如，美国工程教育认证委员会定义了毕业生的 11 条能力，加拿大工程认证委员会规定了 12 条能力，欧洲认证工程师计划中规定了 12 条能力[1-3]。在 1985 年 11 月，中国原国家教委发布了《关于开展高等工程教育评估研究和试点工作的通知》，提出要建立高等工程教育评估制度[4]。在建筑学专业试点评估积累经验后，中国也逐步建立了与《华盛顿协议》要求基本一致的工程教育专业认证体系。2013 年，中国正式提交申请，成为《华盛顿协议》的第 21 个预备会员国，继而工程教育专业认证工作在全国全面推进。

随着我国工程教育专业认证工作的不断深入，人们发现 OBE（Outcome-based education）理念可以有效促进技术创新人才培养，推动工程教育模式改革，因此该理念成为国内工科院校广泛关注的焦点。OBE 即成果导向教育，由 Spady 等人于 1981 年提出，现已成为欧美发达国家教育改革的重要理念。在 OBE 理念的指导下，教育者依据培养目标，提出学生毕业时应达到的能力与素质标准，并据此设计培养体系，以确保学生达到预期要求[4-5]。

为此，我校林产化工专业基于 OBE 理念，结合校内外实践教学资源情况，在实践教学内容、管理、考核及评价方面重新设计了实践教学体系，并探讨了 OBE 模式下化工类专业实践教学运行新机制，为相关专业更好地开展实践教学和工程教育认证工作提供借鉴。

一、传统实践教学存在的问题

林产化工属于化工类专业，与人类的生产生活息息相关，主要是采用化学与生物化学的方法将植物资源加工转化为各类化学品、燃料和材料等高附加值产品。林产化工的原料来源广泛且复杂，加之工业加工技术不断发展，该领域对毕业生的工程实践能力和创新能力均有较高要求。目前，我国林产化工专业主要在农林类院校开设，要求学生掌握扎实且系统的化学化工理论基础和森林植物资源加工的基本原理。在此基础上，如何强化学生的工程实践能力一直是相关高校关注的重要问题。

从理论知识向工程实践转化的过程中，实践教学扮演着不可替代的角色，能够通过让学生直接参与工程实践，为其毕业后从事本专业工作提供初步的工程积累与经验[6]。目前，受多方面条件的制约，实践教学存在难以批量安排学生实践、成本高、有安全风险等问题，教学效果不尽如人意。在相关院校开展的调查中，学生也反映目前大部分实践教学仅限于参观了解工艺流程，不能亲自上岗操作，无法达到积累工程经验的目的。此外，由于实践教学内容缺乏针对性，且部分学生学习态度不端正，实践教学往往流于形式。因此，基于 OBE 教育理念设计新的实践教学模式很有必要。

二、基于 OBE 理念的实践教学模式构建

（一）构建思路

实践教学是工科高校工程类专业人才培养的重要组成部分，基于 OBE 理念的中国工程教育专业认证所要求的毕业生素质不仅包括工程知识、工程能力等基本素质，还包括通用能力、品德伦理、社会责任感等素质[7]。OBE 理念强调“以学生为本”，关注学生受教育后“获得什么能力”和“能够做什么”，可见该理念具有导向明确的特点。

借鉴基于 OBE 理念的理论课程结构要素的相关研究方法与结论，本文构建的基于 OBE 理念的实践教学体系可从四个方面进行诠释：定义产出、产出的实现、评价和考核、评价和考核的使用[8]。我们结合 OBE 教学体系的要素和实践教学的特点，按照以下思路构建了实践教学体系：首先，定义实践教学产出，即培养学生对工程知识的学习能力，提升学生分析和解决问题的能力，增强

学生对现代工具的使用能力，培养学生的职业道德，培养学生的沟通交流、团队协作能力；其次，根据实践教学产出的目标和任务，结合学校实际与专业定位，反向设计并分层设计了基于 OBE 理念的实践教学资源；再次，针对实践教学目标达成度与实践教学任务完成度，明确实践教学的评价和考核标准；最后，根据实践教学评价和考核情况，改进实践教学运行机制，如完善实践教学资源、修订实践教学评价和考核方式等。

（二）实践教学产出

实践教学产出是指完成实践教学后，学生应达到的技能、素养等目标要求。根据《华盛顿协议》提出的 12 条毕业生素质要求[9-10]，林产化工专业毕业生的素质要求为：毕业 5 年后，具有将基础性和专门性工程知识应用于解决复杂工程问题的能力、运用自然科学和工程科学的基本原理得出实证性结论的能力、综合考虑人文社会环境等因素的能力、使用现代工程工具的能力，以及遵守工程职业道德和规范、在团队中承担和履行责任、有效沟通和交流等综合素质[11-12]。我们据此提出了实践教学产出的 4 项目标与任务。

1.学习工程知识，提高问题分析能力

工程知识素养是指遇到复杂工程问题时，能将基础性和专业性工程知识、数学及其他科学知识用于问题的解决。而问题分析能力指的是发现、明确表述（或称公式化）、研究文献、运用掌握的知识分析问题并得出实证性结论的能力。工程知识素养和问题分析能力往往是相辅相成的。在实践教学过程中，学生需要了解和学习真实工程情境下的组织管理、技术创新等技能，了解工程实践中如何整合物质、经济、人力、政治、法律和文化等要素来开发和生产产品，使理论知识在实践中得到升华，从而初步认识工程实践的特点，获得基本的实践经验。

2.提高现代工具的应用能力

现代工具的应用能力主要是指创造或选择合适的技术、资源及现代工程和信息技术工具（包括预测和建模工具），并将其运用到复杂的工程活动中，同时充分认识其局限性。一般认为，现代工具的应用能力主要包括两种：一种是人员在相应的工程领域里应该具有的基本素质，即工程领域内的基本专业技能；另一种是在真实生产情境中的应用能力，尤其是组织管理、技术创新等在企业产品生产中较为关键的技能。学生学习专业理论课（如化工原理、分离工程、化学反应工程等）主要是为了掌握基本的专业技能；而在实践课程中，学生只有将身体、知识及思维全部参与其中，并运用已掌握的科学理论知识及相关经验来综合理解、归纳整合甚至创造，才能大大加深对现代工具应用的认识，进而深入了解具体生产工艺。

3.培养道德操守和规范专业行为

学生应遵守道德操守准则，信守职业道德，承担应有的责任，并严格执行工程实践标准（规范）。广义的道德操守和专业行为准则是指从业人员在职业活动中应该践行的行为准则。良好的道德操守和专业行为准则是从业者在工程实践活动中应追求的基本目标，也是从业者必须具备的基本品质。

4.培养沟通交流和团队协作能力

工程活动往往流程复杂，且涉及多个部门，要求岗位人员具有良好的沟通交流能力及团队协作能力。信息每时每刻都在影响着个人与组织的发展，沟通的目的在于有效传递信息，因此，沟通交流对于工程实践来说是极其重要的。

上述能力与素养目标是实践教学的主要产出，符合林产化工专业毕业生的素质要求，也是未来工作者必须具备的能力。需要指出的是，实践教学过程较为复杂，还涉及环境与可持续发展、项目与财务管理、终身学习等方面的素养。本文关注实践教学产出的重点，故没有将其列入培养目标。

（三）实践教学内容

1.实践教学资源层级及关系

围绕实践教学产出的目标和任务，借鉴基于 OBE 理念的理论课程结构模型，本文研究了实践教学资源的层级及关系，旨在重新整合设计实践教学资源[13]。

如图 1 所示，第一层资源为实践教学对象和实践教学支撑者。实践教学的主体和核心要素是

学生，他们在了解实践教学基本内容的基础上，理解、内化实践教学资源与活动资源，并输出学习产出。实践教学支撑者包括指导教师、企业工程技术人员等，他们根据规定的学习产出，组织教学资源，开展教学评价，帮助与督促学生学习，为实践教学提供保障。

第二层资源包括实践教学基本信息、自学资源、活动资源和评价资源，是实践教学的支撑与核心。实践教学基本信息包括背景情况、动员培训、大纲、进度安排等通知性、概括性的信息和资料，用于简要说明实践教学的活动资源和评价资源，以使学生了解实践教学概况和进度。自学资源主要包括实践教学视频、安全环保知识、软件工具等，一般由支撑者提供并讲授。学生也可反馈需求和建议，以便支撑者对自学资源进行修改和完善。活动资源为组织和开展实践教学提供辅助，一般包括场所、现场讲授、现场讨论等。活动资源应围绕学生进行建设，在学生视野拓展和知识积累过程中递进生成。评价资源则主要用于评价学生的学习产出，进而评价学生的学习效果，包括实践教学日志、实践教学报告、测试等。

第三层资源是实践教学产出，包括综合素养、专业技能等，由学生与第二层资源共同决定，且由实践教学支撑者依据评价资源进行评价。

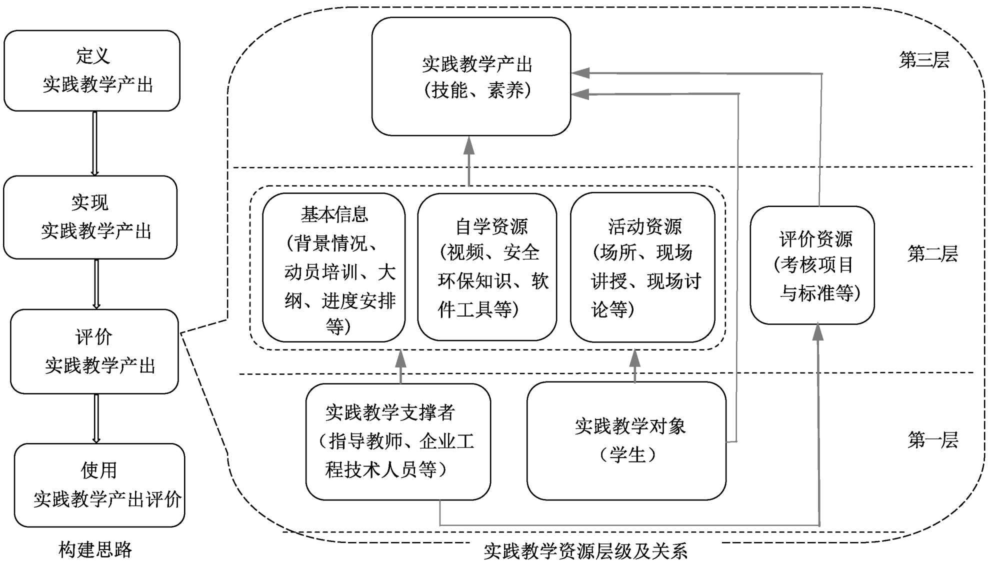

图1 基于OBE理念的实践教学资源层级及关系图

2.实践教学内容规划

(1)实习初训资源

为了达到学习工程知识、提高问题分析能力这一目标，我们构建了林产化工专业工程能力训练体系，内容包括材料加工实习、化工实习等实践教学资源。

材料加工实习资源由学校工科教学实习中心(前身为校机械厂)提供，内容涉及机械、电子、信息、管理技术等学科知识。林产化工专业精选具有代表性的材料加工工艺来搭建平台，模拟实际工程环境，让学生按照工程要求完成任务，以期培养学生的工程实践能力和工程意识。按照培养方案，学生在了解材料加工基本知识和方法后，要在教师的指导下，掌握材料加工设备操作规程，完成小铁锤、钥匙扣、特定3D模型等作品，实习时间约1周。这种实践教学方式激发了学生的学习兴趣，效果良好。

化工实习资源内容较为丰富，包括化工管路拆装、综合实训(流体流动、传热等)、中试生产线操作(植物活性成分超声波提取、FRW阻燃剂生产、紫杉醇提取分离等)。化工管路拆装可以使学生掌握化工生产的工艺流程及设备装配构造，从而树立工程概念，掌握化工系统的安装与运行，增强对大化工工程实践观点的认知。在综合实训过程中，学生可以学习管路流动阻力分析、管件识别、离心泵特性、泵拆装、流量计安装等技能，掌握

温度、压力、液位、流量等化工参量的检测和记录等，从而实现不同学科间知识的贯通，提高工程素养。

另外，我校林产化工专业是国家一流学科建设中林业工程学科的支撑专业之一，依托国家工程中心和省部级重点实验室等科技平台，建立了具有一定规模的植物活性成分超声波提取、FRW阻燃剂生产、紫杉醇提取分离等中试生产线。详细介绍这些生产线的工艺设计思路、工程化过程中的相关问题、后续工艺优化等情况对于提高学生的问题分析能力能起到积极作用。

(2)虚拟仿真和科研训练

与化工行业结合较紧密的学科有现代物理学、化学化工、分析技术、计算机技术、数学、生物学等。根据人才培养定位及目标，林产化工专业主要培养学生综合应用物理、化学化工、计算机技术、数学等学科基础知识的能力。这样的能力可以通过通用化工流程模拟及虚拟化工厂仿真、科研训练等活动来培养。

随着计算机技术的发展，现代工具在化工生产的最优规划、设计、操作、控制管理等方面发挥着越来越重要的作用。如利用 Aspen Plus 软件对某一化工单元操作或化工过程进行热量、物料等计算时，输入不同的工况参数，就可快速得到相应的工况特性结果。学生通过学习相关软件，可以切实掌握计算机技术与化工工业融合的新技术和新思想。此外，化工生产往往具有高温高压、易燃易爆、有毒有害等特点，学生在化工厂实习面临着很大的风险与局限性，而现场实习对于提高学生的工程实践能力又是必不可少的。为解决这一矛盾，我校林产化工专业联合国内相关企业，打造了具有专业特色的虚拟仿真实验平台，开发了苯胺3D虚拟现实认识实习仿真项目、植物单宁生产虚拟仿真项目、松香生产及改性工艺虚拟仿真项目等。这些虚拟仿真项目模拟了苯胺、植物单宁、松香等产品的全流程生产，通过人机交互、3D场景和分布式控制系统画面交互，能产生与真实工艺高度一致的效果。学生通过绘制仿真装置的控制示意图及工艺流程图，可以了解各个单元操作的工艺流程与控制方案，掌握工艺原理和基本控制原理，获得工程应用技能和经验[6]。

林产化工专业根据本领域的最新研究进展，结合校内现有资源，开展了科研训练，要求学生综合运用所学知识和现代分析手段自主完成特定研究任务。这些任务一般目标明确，具有一定探索性、创新性和综合性。如聚丙烯酸-壳聚糖双网络水凝胶的制备与化学锚定、固体超强酸催化氢解多聚原花青素等研究任务有助于提高学生的创新能力和综合实践能力。

学生在利用通用化工流程模拟及虚拟化工厂仿真、科研训练等资源的过程中，可以获得宝贵的实践技能和经验，为今后工作打下基础。

(3)创新创业训练计划和毕业实习

良好的道德操守和专业行为准则是所有从业者在职业活动中应遵循的基本行为准则，是一种更为具体化、职业化、个性化的社会道德[14]。它可以反作用于经济基础，从而有利于建立人与社会之间的和谐关系。

我们利用大学生创新创业训练计划，让学生结合所学专业基础知识，自主实施、管理并完成相应任务，培养他们诚信踏实的做事风格和科学严谨的科研态度，在实践中提升他们的道德操守和专业行为准则。

在毕业实习过程中，学生可以近距离感受工程技术人员的工作环境、工作条件、工作状态、工作要求、工作秩序、工作习惯等，了解工程技术人员对工程实践标准(规范)的执行，学习他们的工作经验和技能，进一步提高道德操守。学生还可以了解就业岗位对工作技能的要求和变化趋势，分析自身不足并有意识地补短板，进而促进自身能力与素质的提升。

善于沟通交流对团队协作能力的提升大有裨益。大学生创新创业训练项目团队一般由3～5名成员组成，学生可以从团队的运行中领悟合作的重要性，学习合理高效的合作方法，提升沟通交流能力。在毕业实习过程中，学生可以学习工程实践中的沟通方式和沟通流程，如学习指导教师和工程技术人员如何用准确恰当的专业用语和肢

体语言来描述生产流程，学习如何倾听和询问，学习如何有效运用口头、书面等多种沟通方式清晰地表达观点等。通过大学生创新创业训练项目和毕业实习等获得的沟通交流与团队协作能力可以顺利迁移到学生的职业生涯中，有效地提升学生的综合素质。

(四)实践教学产出的评价

实践教学产出需要通过目标达成度与任务完成度来评价，每项实践教学资源的使用都是对目标达成度与任务完成度的支撑。一般实践教学评价包括全程跟踪与形成性评估，可结合学生自评、互评、实践教学支撑者评价等多种方式开展。我们为每一项实践教学资源设计了考核项目及对应产出，并赋予适当的成绩权重，旨在全方位考查学生实践教学的产出[11]。例如，在通用化工流程模拟及虚拟化工厂仿真训练中，我们将学生分成3～4人的小组，要求各组利用Aspen Plus软件设计某一化工产品的生产工艺流程，并进行答辩。为此，我们设计了通用化工流程模拟及虚拟化工厂仿真训练考核项目及对应产出表(见表1)，以评估学生基本工程技能及对复杂工程问题的确定、分析、解决并完成相关验证的综合能力。

表1　通用化工流程模拟及虚拟化工厂仿真训练考核项目及对应产出表

	考核项目	成绩权重	对应产出
项目组成绩(占比70%)	工艺流程考核	40%	知识应用、分析、研究、解决复杂工程问题
	综合能力考核	20%	沟通交流、团队协作能力
	答辩考核	10%	专业素养、信息综合、表达沟通
个人成绩(占比30%)	个人表现	10%	守时、履行责任、自主学习
	设计报告、说明书	20%	逻辑表达、文字陈述、归纳总结
个人成绩(百分制)＝项目组成绩＋个人成绩			

(五)实践教学产出评价的使用

我们在使用实践教学产出评价时发现，结合高校及专业特点开展各种实践教学活动(如材料加工实习、认识实习、科研训练、创新创业项目、毕业实习等)可显著提升学生的工程实践能力。另外，实践教学的资源投入力度及投入质量(如实践教学设备、指导教师具有工程背景等因素)对学生工程思维的培养影响较大，因此高校应鼓励指导教师去企业锻炼，多承担企业委托的横向项目。参加科研训练、创新创业项目或科技竞赛等活动的学生对自身工程素养的不足有较深的认识，自主学习能力也较强。为此，林产化工专业要求所有学生均参加科研训练或创新创业项目。总之，我们需要经常反思，根据实践教学产出评价结果调整评价和考核方式。

三、结束语

构建基于OBE理念的工程类专业实践教学体系，可以较好地促进具有工程实践能力人才的培养，提高我国工科人才培养水平。本文探讨了农林类高校林产化工专业实践教学体系的构建，包括定义产出(实践教学目标与任务)、产出的实现(反向设计、生成实践教学资源)、评价与考核及评价结果的使用，为提高农林类高校林产化工专业的实践教学效果做出了有益尝试。

(文字编辑:袁倩)

参考文献：

[1] 顾佩华，胡文龙，林鹏，等.基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式——汕头大学的实践与探索[J].高等工程教育研究，2014(1)：27-37.

[2] 陈涛，邵云飞.理念与现实：我国高等工程教育加入《华盛顿协议》后的发展趋向探析[J].高校教育管理，2018，12(1)：54-60.

[3] 颜丽红，张力，尹海涛.新西兰和澳大利亚资历框架

的比较与启示[J].教育评论,2017(7):151-154.
[4] 齐书宇,李国香.《华盛顿协议》毕业生素质规定及其对地方高校工程人才培养的启示[J].高校教育管理,2018,12(1):48-53.
[5] 余海军,王达光,王博.化学工程与工艺专业认证浅析——以沈阳化工大学化工专业认证为例[J].现代企业教育,2014(18):61-62.
[6] 温丽瑗,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,2016,33(5):58-61.
[7] 徐飞.办一流工程教育 育卓越工科人才[J].高等工程教育研究,2016(6):1-6,36.
[8] 任世学,李淑君,张继国,等.基于 OBE 理念的课程体系构建探索与实践——以化工原理为例[J].化工高等教育,2019,36(1):32-35,94.
[9] 肖大薇,姜立秋,张应博,等.《华盛顿协议》对我国高校加强校企合作的启示[J].邢台学院学报,2017,32(3):162-165.
[10] 王孙禺,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.
[11] 周春月,刘颖,姚东伟,等.OBE 理念下的本科生毕业实习创新模式研究[J].实验技术与管理,2016,33(10):19-22.
[12] 阎群,李擎,崔家瑞,等.大学生解决复杂工程问题能力的培养[J].实验技术与管理,2017,34(11):178-181,186.
[13] 柏晶,谢幼如,李伟,等."互联网+"时代基于 OBE 理念的在线开放课程资源结构模型研究[J].中国电化教育,2017(1):64-70.
[14] 李栋.企业对高职学生素质的需求调查分析——以西南地区某高职院校为例[J].新西部,2010(12):179-180.