

“新工科”背景下基于 OBE 模式的工程实践创新教学设计及应用研究

罗玮

(湖南大学现代工程训练中心, 湖南长沙, 410082)

[摘要] 对于新工科的解读不能简单地理解为建设一批新工科专业, 它更重要的意义是以人才培养为中心, 推动我国高等工程教育进行全面深刻的改革和创新。通过对成果导向教育理论体系的发展与应用价值的分析讨论, 结合新工科人才培养目标, 构建了创新实践课程成果导向教学设计模型。同时, 将此模型适时应用到电气类、机械类学生的项目实践课程中, 已初见成效, 可以为成果导向教学理论的应用和实践操作提供可行的方法和思路。

[关键词] 成果导向教育; 新工科; 学习成果; 工程实践

[中图分类号] G640 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2020)03-0113-06

一、引言

自 2016 年新工科概念提出后, “新工科”已经迅速成为高等教育领域关注的热点, 各大高校纷纷举行专题研讨会, 并积极开展相关的理论与实践研究^[1]。从目前已发表的相关文献中不难发现, 专家学者们都试图从不同角度对其进行定义和阐述。无论怎样解读, 新工科究其本质仍离不开工程实践, 归根到底还是新技术、新理念在工程实践中的应用^[2]。2017 年 6 月 12 日, 教育部正式发布《新工科研究与实践项目指南》, 其中在第 16 条选题方向中就明确提出: 推进基于成果导向的工科学子工程实践能力培养, 设计评价体系, 指导改革实践。基于此, 本文将从当前新工科人才培养的目标出发, 引入成果导向教育理念, 对高校工程教育实践教学模式的改革与创新进行研究和探索。

二、成果导向教育理论体系的发展与应用价值

成果导向教育(Outcome-Based Education, 简称 OBE)是一种强调基于学习产出的教育改革理念, 该理念下的学习过程由传统的以教师为中心转向以学生为中心^[3]。学者 Spady 将 OBE 范式引入美国, 并对成果导向教育进行了深入的研究与开发。他认为“基于成果的教育需要清晰地关注和组织教育系统中的关键所在, 来确保所有学生在学习过程结束

时都能够获得实质性成果的经验^[4]。”这意味 OBE 最重要的是首先了解学生能够学到什么, 然后根据需求进行课程的设计、指导和评估以确保学习成果达到预期的目标。成果导向教育相比于投入导向教育(Input-Based Education)是侧重于“以人为本”的教育过程。前者在设计课程的过程中则“倒行逆施”, 预先确定学习的结果, 这些结果或者说成果是学生将来进入职场需要具备的必要技能和能力, 据此反向进行课程设计、教学指导, 明确交付方式和评估方法; 后者遵循投入决定产出的原则, 关注学习的过程, 往往教师所教与学生所学在预期目标上存在不协调与不同步的矛盾。

受 Spady 的启发, 哈登等人在发表的研究报告中指出, OBE 作为基于绩效的方法处在课程开发研究领域的前沿, 为本科医学教育的改革和管理提供了强大而具有吸引力的可行途径^[5]。成果导向教育在过去的十多年里应用于本科医学教育, 并在国际上被广泛认可和采用, 在其发展的过程中不断地被倡导和批判。在 OBE 的教学设计中学习成果是课程决策的首要问题, 从最初欧洲医学院根据课程组定义的数十个主要成果领域发展到全球范围内进行广泛采用的学习成果框架。成果导向教育在医学人才培养领域的实践应用更多的在于学习成果框

[收稿日期] 2019-11-10; **[修回日期]** 2020-02-22

[基金项目] 湖南省自然科学基金项目“创客教育在高校创新创业型人才培养中的研究与实践”(2017JJ2051); 湖南省社会科学基金项目“高校工程训练中心‘互联网+’综合应用创新平台的建设与运用研究”(17YBA075)

[作者简介] 罗玮, 湖南长沙人, 湖南大学实验师, 主要研究方向: 电工技术理论及应用, 联系信箱: luowei@hnu.edu.cn

架的建设和评估,而对于实施 OBE 的具体方法以及如何与学生的学习联系起来并没有多少深入研究的文献记录^[6]。

在国际工程教育领域,OBE 教育模式被诸多国家引入和应用到工程专业认证评估中,如加拿大、美国、英国、南非、新西兰、澳大利亚和马来西亚等。美国工程教育认证协会(ABET)采用了基于 OBE 教育的认证标准,而《华盛顿协议》成员已将基于 OBE 的毕业要求作为协议的框架性要求。2013 年 6 月,我国成为《华盛顿协议》签约成员,2016 年 6 月 2 日,我国成为《华盛顿协议》工程教育本科专业学位国际互认协议的第 18 个正式成员。因此,高等教育学界普遍认为,成果导向教育理念引导的工程教育改革对于提高我国高等工程教育的质量、加强工程教育与工业界的联系、建立与《华盛顿协议》规定具有“等质实效性”的工程教育体系具有重要推动意义。然而,随着成果导向教育理念不断创新和发展的同时,对其局限性的批评与质疑也一直没有停止。一方面,OBE 框架下学生学习的有效性实证研究较为缺乏,其中包括如何加强参与度,让不同层次水平的学生通过努力都能获得理想的甚至出人意料的成绩或成果;另一方面,教师应如何正确领悟 OBE 理念,如何使用 OBE 来设计课程以及对自身的知识与能力的反思等^[7]。这些问题的进一步研究将促进成果导向教育理论体系不断完善,并对我国当前新工科背景下的高等工程教育实践提供可操作的课程指导。

三、新工科人才培养目标与成果导向教育

新工科对应新兴技术和产业,如互联网+、人工智能、大数据、智能制造、基因工程、虚拟现实技术,等等。而传统老工科,一般指的是信息革命前产生的工科专业,如大家比较熟知的电气类、机械类、土木工程、材料工程,等等,培养的是在某一工程领域具有专业特长的工程人才^[8]。新工科并非凭空产生,它既是与传统学科的交叉与综合,又涵盖了传统工科和理科的升级改造。新工科的出现并不意味着传统理工科将被颠覆和替代,而是对现阶段及将来的工科人才培养提出了更高的目标和要求。

目前,新工科的学科专业建设和发展还处于起步摸索阶段,没有可照搬的成熟经验和具体模式。在此背景下,工程实践课程完全可以先行做出调整

和改变,积极对接新工科建设。因此,高校可尝试深入发展及完善大学生工程实践与训练的相关机制,在工程实践类课程中引入成果导向教育(OBE)理念,创建新工科人才培养与 OBE 协同育人的实践模式,强调以学生为中心,以培养具有可持续核心竞争力的创新人才为最终目标。该模式的实践路径如图 1 所示。

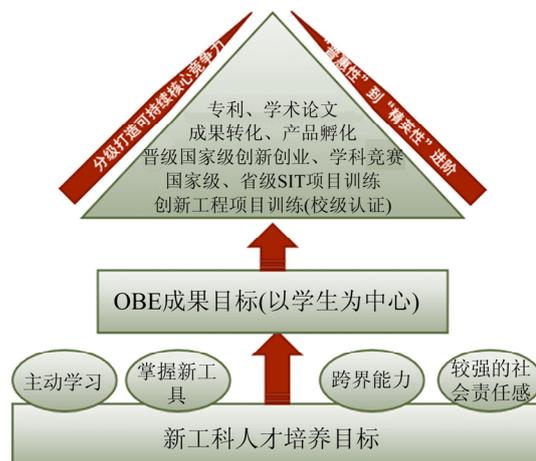


图1 新工科人才培养与 OBE 协同实践路径

四、成果目标的界定、设计与价值

作为《华盛顿协议》的正式成员国,我国越来越多的高校在实践以“成果导向、学生为中心、持续改进教育质量”为核心的保障理念,其中的“成果”主要指学生的主动学习能力、创新实践动手能力、合作沟通能力和跨界问题解决能力等,这些“能力组合”与新工科人才培养的目标具有高度一致性。而所谓的学习成果应该能清楚表述和直接或间接被测评,并能转换成获取各级认可的绩效凭证,如图 1 所示。除了课程考试成绩,学习成果应充分考虑教育利益相关者包括学生、用人单位、政府等的要求和期望^[9],以当今的产业发展需求为导向,围绕新工科人才培养目标而展开。

成果目标确定后,如何设计、怎样体现其价值则是 OBE 的重点。结合已有的实践研究和反思,立足于大学生工程教育实践课程,我们可以从以下两条主线中获得操作思路。

(一)“普惠性”到“精英性”成果导向

在成果导向教育模式中,教师要相信所有的学生都有学习的能力,在学习活动结束后都能获得可展示的结果或成果^[10]。因此,OBE 理念下的工程实践实训课程应以学生为中心,开展“普惠性”创新

工程训练。开放公共创新实践平台，精心设计创新项目供学生菜单式选择，而教师的项目教学设计从“需求”开始。需求与培养目标或成果目标是相适应的，即符合新工科人才培养目标的要求，进而将不同专业领域的新工科方向融入创新项目的设计中，遵循教育教学规律，既要考虑学习个体的差异需求，又要结合企业与社会的人才需求。完成“普惠性”学分认可的创新项目后，引导鼓励学生根据自身的能力以及前期项目积累的成果，挑战更高的

目标，如申报省级、国家级 SIT 项目，积极参加各类国家级学科竞赛以及创新创业大赛，甚至将项目作品转化成产品和技术，获得专利、论文等标志性成果。在不断进阶的过程中，学习个体的自信心和进取心将得到极大的提高，主动学习能力、掌握新工具能力、跨界创新能力等新工科人才培养目标基本得以实现，各类成果的获得也将水到渠成，从而完成了到“精英性”阶段的成长发展过程，如图 2 设计模型所示。

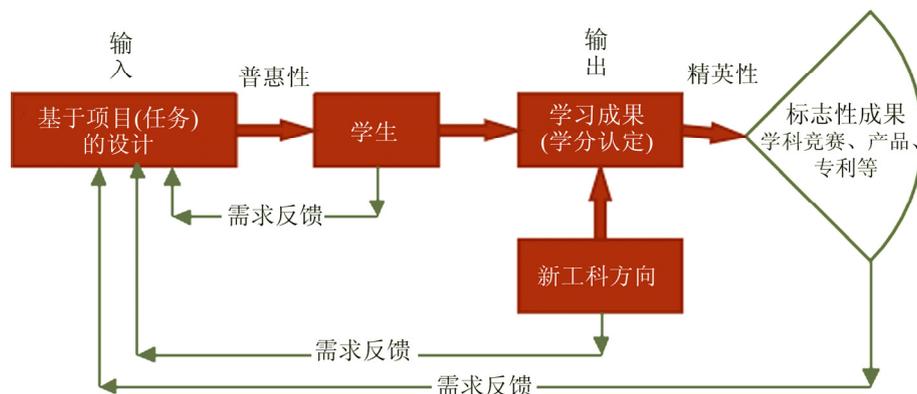


图 2 创新实践课程成果导向设计模型

(二) 学习成果与可持续核心竞争力

大学生的可持续核心竞争力可以理解为能适应未来社会变化和竞争的能力，以及实现自身价值和抱负的能力，同时也是新工科教育的使命^[11]。成果导向教育要求课程规划老师和教育工作者能清楚地确定学习者期望达到的学习成果，满足学习者的“求知、增能、成才”的需求，而学习成果目标的达成过程，同时也是学习者自身具备可持续核心竞争力的追求和积累过程。学习成果从课程结果到标志性成果可以分为不同方面、不同水平的期望范围。教师作为课程设计者和规则制定者，一方面需要用预见性、创造性和目标导向性思维去规划实践课程，用变革性的学习体验对学生产生重大影响，影响学生后续的学习体验和行为范式的转变；一方面也应充分考虑每个学生的个体差异，分层次培养，在时间和资源上保障每个学生都有达成学习成果的机会，即分层次打造可持续核心竞争力，多维度培育“学术精英、行业精英和创业精英”^[12]。

五、OBE 模式下的工程实践课程创新模式的应用探索

(一) 工程实践项目的成果目标设计

OBE 模式下的工程实践课程的设计是以创新

项目为基础，通过需求反馈不断调整修正的实践过程，如图 2 所示。这里的需求反馈主要包括三个方面：一是从学生的需求出发，从期望自身能获得成果来反推，不断增加实践内容的难度来引导学生达到高峰成果，如创新创业产品的自主设计、研发等；二是聚焦于新工科人才培养的方向和要求，将新兴技术和产业内容融入项目中；三是将学科竞赛、产品专利甚至原创性的科研成果作为最终的产出，同时又作为成果目标反馈给项目任务，进而引导项目的优化设计。近年来，我们基于上述理论分析的积累并结合电气类、机械类学生项目制课程的实践，在 OBE 框架下学生学习的有效性研究取得了较大的进展。在已开展的项目制课程中，指导老师不断融入创客思维、成果导向教育理念进行实践教学改革，问需于学生、业界，聚焦于新工科人才培养的方向与要求，学生的创新思维和实践能力都得到了普遍提高。通过创新改革后的项目课程所获得的成果让一部分各方面并不突出的学生对自身的能力和 value 有了崭新的认识，学生自信心得到了极大的提升。

(二) 多学科交叉创新的项目选题、实施

面向新兴技术和产业，结合学生的兴趣和需

求,由老师主导设计开发项目课题,在充分考虑学生已有知识结构和擅长领域的基础上,最大限度地让学生利用多个学科的知识来解决问题。基于上述理念,笔者在近三年的项目制课程中尝试运用已有的成果导向设计模型,设计并推出创新项目数十个,这些项目课题包括:EV生态能源电动赛车设计、多功能空气检测仪、太阳能电源的制作与应用、磁悬浮产品设计制作、智能信息显示牌、智能分类垃圾箱、餐桌公筷精灵等,通过微信号公众平台自选系统,项目课题面向全校本科生开放,先后参与学生达200人。为了确保预期的学习成果得以实现,对项目课题实行分阶段进程管理控制。在项目课题进行的第一阶段,学生团队采取三人小组的自组方式,同一个项目课题可供三个小组同时选定,选定后各组围绕课题的具体要求进行初步的方案设计;对于完成后的方案设计进行各小组互评,并邀请专业教师团队进行综合评议,遴选出最佳方案。在第二阶段,正式组建项目团队,确定可实施方案。这一阶段选出团队的项目核心负责人,由负责人组织方案的进一步优化完善,进行功能模块的分解分

工,针对课题的需求跨专业招募团队成员。第三阶段是项目的全面实施到学习成果目标的分层次逐步达成阶段。项目课题的进程管控体系如表1所示。

(三) 实践案例

2017年秋季学期,笔者设计开发的面向电气专业的项目课程选题“磁悬浮装置的设计制作”,吸引了6组共18名学生报名参加。围绕选题,各组发挥想象力和创造力确定了四个具体的实施内容,包括磁悬浮机械键盘、磁悬浮音箱台灯、磁悬浮棋盘、太阳能磁悬浮电机。通过一学期的项目设计和制作,各项目组最终以实现功能的实物模型或产品作为成果通过合格验收,如图3所示。尽管项目课程需要在规定的学时内完成,但对于有创新创造需求的学生依然鼓励他们进行深入拓展。

因此,项目结题后的太阳能磁悬浮电机小组中的部分成员重新组队并招募机械专业的同学加入,组成了跨学科实践团队。在指导老师的启发和引导下,将前期设计制作的电机作品进行优化并开发应用到工业厂房屋面的风机设备上,研制出一款节能

表1 成果导向下的项目课题进程管控体系

进程	主要任务	具体措施	成果目标	评价认证
第一阶段	通过微信公众平台的选题系统自组三人学生团队、按课题要求进行项目方案设计、遴选确定最优方案	项目课题的介绍发布、方案讨论会、方案设计答辩评选	学习者的创新思考能力、项目的方案设计能力、语言逻辑表达能力	基于方案设计的阶段性评分
第二阶段	确定团队的核心负责人、整合组建跨专业项目团队、优化确定最终的可实施方案、项目功能模块的明确分工	推选项目团队核心负责人、根据项目需求招募多专业学生加入、指导项目团队完善优化方案设计并按功能模块分工协作	培养学生团队的多专业协同创新能力、充分发挥学生的专业特长及提升专业自信	项目进度考核情况评分
第三阶段	项目作品的实物及功能的基本实现	项目课题的验收、结题答辩	能实现全部功能的实物作品、项目结题报告	对作品进行考核评估获得专项学习认证、获得课程学分认证
不断进阶 追求卓越	项目研发核心团队的建设和、从作品到产品的优化升级、成果转化	由项目作品到产品的应用开发、进行产品市场分析、推荐项目参加各级创新创业大赛	产品级实物、产品技术专利、竞赛获奖、科研报告、论文	学校、院系发文认可的各项竞赛奖励及加分政策



图3 学生的磁悬浮项目作品

通风设备：太阳能磁浮风机。该项目团队最初申请获得了校级 SIT 以及省级 SIT 项目资助。在设备研发趋于成熟后，团队参加了 2018 年全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛，顺利入围决赛获得了一等奖，在决赛阶段同时入围成果路演分项赛并获得优秀奖，与三家企业进行成果转化现场洽谈并取得初步合作意向。后期，该风机设备还成功申请了国家发明专利。

六、结语

由上述实践案例可见，随着项目实践活动的逐步深入和不断积累，让最初参与“普惠性”项目制课程中的学生团队最终收获了出人意料的诸多成果，激发了他们不断创新的原动力，亦提升了他们自身的核心竞争力。创新实践课程成果导向设计模型的应用成效在学生身上得以全面的呈现，为我们 OBE 模式下工程实践课程的开展起到了良好的示范作用，也为在该领域更深层次的研究和探索奠定了基础。

美国心理学家马斯诺在需求层次理论中指出，人在满足了基本需求后，会追求“发展需求”，其中包括自我实现的需要，会对富有挑战性的工作产生极大的热情^[13]。本文立足于新工科人才培养目标的大环境，在分析当前战略性新兴产业与引领性行业人才需求的基础上，探讨基于成果导向教育理念的大学生工程实践与训练的创新模式，以学习成果作为提升大学生可持续核心竞争力的目标；同时，通过开发 OBE 模型指导设计创新实践项目课程，有效地增强教学灵活性，支持学习者不断变化的需求，鼓励和帮助他们在工程实践的学习中获得更多的成功机会。

参考文献：

- [1] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 20-26.
LU Guodong, LI Tuoyu. Reflections of the paths of constructing and developing emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 20-26.
- [2] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
ZHONG Denghua. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6.
- [3] ORIAH A, TANG H E, SENIAN M. Teaching and learning enhancement through outcome-based education structure and technology e-learning support[J]. Prpcedia-Social and Behavioral Sciences, 2012(62): 87-92.
- [4] SPADY W D. Outcomes based education: critical issues and answers[M]. Arlington, VA: American Association of School Administration, 1994: 1-10.
- [5] TANG H E, ORIAH A, SENIAN M. Implementation of outcome-based education incorporating technology innovation[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012(62): 649-655.
- [6] ANNE M M, TIM D, BERIT E. Outcome (competency) based education: an exploration of its origins, theoretical basis, and empirical evidence[J]. Advances in Health Sciences Education, 2013(18): 851-863.
- [7] LINDAB, CHARLOTTE S, KLARABL. Outcome based education enacted: teachers' tensions in balancing between student learning and bureaucracy[J]. Advances in Health Sciences Education, 2014(19): 629-643.
- [8] 张吉军. 新工科背景下大学生就业能力提升路径探索[J]. 黑龙江高教研究, 2018(5): 130-133.
ZHANG Jijun. Exploring the way to improve college students' employment ability under background of new engineering[J]. Heilongjiang Researches on Higher Education, 2018(5): 130-133.
- [9] 李志义. 解析工程教育专业认证的成果导向理念[J]. 中国高等教育, 2014(7): 7-10.
LI Zhiyi. Analysis of achievement oriented concept of engineering education professional certification[J]. China Higher Education, 2014(7): 7-10.
- [10] VALERIE R. From transformative outcome based education to blended learning[J]. Futures, 2012(44): 148-157.
- [11] 徐晓飞, 丁效华. 面向可持续竞争力的新工科人才培养模式改革探索[J]. 中国大学教学, 2017(6): 6-10.
XU Xiaofei, DING Xiaohua. On the reform of training mode of emerging engineering education talents for sustainable competitiveness[J]. China University Teaching, 2017(6): 6-10.
- [12] 余魁, 王冠, 彭小丹. 构建“普惠性”大学生创新创业教

育体系的探索与实践[J]. 中国大学教学, 2018(4): 48-50.

YU Mei, WANG Guan, PENG Xiaodan. The exploration and practice of constructing the innovation and entrepreneurship education system of "inclusive" College Students[J]. China University Teaching, 2018(4): 48-50.

[13] 吴卓平, 王松婵, 杨连生. 高校工程训练创新发展探析[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(10): 51-54.

WU Zhuoping, WANG Songchan, YANG Liansheng. A survey on development of innovation of engineering training in colleges and universities[J]. Experimental Technology and Management, 2014, 31(10): 51-54.

Design and application research of engineering practice innovation teaching based on OBE mode with the background of new STE subjects

LUO Wei

(Modern Engineering Training Center, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The interpretation of new science, technology and engineering (STE) subjects is not only to build a group of new STE majors, its more important meaning is to focus on talent cultivation, promoting comprehensive reform and innovation of China's higher engineering education. This paper analyzes the development and application value of the outcome-based education theory system, and combines the New STE education talent training objectives to construct the outcome-based design model of the innovative practice curriculum. At the same time, this model has been applied to the project practice courses of electrical and mechanical students, and has achieved preliminary effects. It can provide concrete ideas for the application and practical operation of the result-oriented education theory.

Key Words: outcome-based education; New Science, Technology and Engineering (STE) subjects; learning outcomes; engineering practice

[编辑: 何彩章]