

基于OBE理念的等离子体光谱诊断技术的课程体系建设

朱悉铭¹, 王璐¹, 习薇¹, 宁中喜¹, 王旸², 翟明¹

¹哈尔滨工业大学能源科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨

²哈尔滨工业大学物理学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年3月14日; 录用日期: 2023年4月11日; 发布日期: 2023年4月20日

摘要

深化新时代教育评价改革总体方案印发后, 社会需求成为指导高校培养人才的指挥棒。本文通过分析哈尔滨工业大学能源学院2019年版的培养方案, 发现学生能力的培养方面还需加强。为了改善这一问题, 本文以“等离子体光谱诊断”课程为例, 结合成果导向理念, 通过课程体系建设, 让学生在解决实际问题的过程中, 全方位培养学生的能力。

关键词

新时代教育评价改革, 社会需求, OBE理念, 课程建设

Course System Construction of Plasma Spectrum Diagnosis Technology Based on OBE Concept

Ximing Zhu¹, Lu Wang¹, Wei Xi¹, Zhongxi Ning¹, Yang Wang², Ming Zhai¹

¹School of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang

²School of Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang

Received: Mar. 14th, 2023; accepted: Apr. 11th, 2023; published: Apr. 20th, 2023

Abstract

After the overall plan of deepening the reform of educational evaluation in the new era was issued, the social demand became the baton to guide the training of talents in colleges and universities. By

文章引用: 朱悉铭, 王璐, 习薇, 宁中喜, 王旸, 翟明. 基于 OBE 理念的等离子体光谱诊断技术的课程体系建设[J]. 教育进展, 2023, 13(4): 1819-1827. DOI: 10.12677/ae.2023.134291

analyzing the training program of School of Energy Science and Engineering of Harbin Institute of Technology in 2019, this paper finds that the cultivation of students' ability needs to be strengthened. In order to improve this problem, this paper takes the course of "Plasma Spectrum Diagnosis" as an example, combines the result-oriented concept, and through the construction of the curriculum system, enables students to cultivate their all-round ability in the process of solving practical problems.

Keywords

Educational Evaluation Reform in the New Era, Social Needs, OBE Concept, Curriculum Building

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2020年10月13日中共中央、国务院印发了《深化新时代教育评价改革总体方案》。总体方案指出教育评价事关教育发展的方向,该方案将长期指导我国教育的发展方向。对于高校的评价方面,总体方案中也给出了相应的评述,新时代的高校的根本任务在于立德树人,同时以往简单的以升学率和就业率评价高校的方式将不再适用。毕业生相应的专业能力、实践应用能力、毕业生发展,用人单位满意度等指标成为新的评价手段[1]。

从方案中的评价方式分析:社会用人单位对毕业生能力素质的评价将是评价高校水平的重要渠道。因此,高校必须洞悉社会用人单位对毕业生的能力要求。对于工科毕业生而言,传统的技术能力已经不能满足用人单位对雇员的要求,非技术能力同样具有重要的地位,同时用人单位重视考察毕业生解决“整理型”工程问题的经验[2]。其中,非技术能力包括但不仅包括人际交往能力、沟通表达能力、团队合作能力,领导力。

目前国内大多数的工科高校培养的毕业生解决“整体型”工程问题以及非技术能力有限,培养的毕业生的社会认可度有限,不能满足国家发展战略的需求。

因此,本文从现行的《深化新时代教育评价改革总体方案》和社会对毕业生能力要求出发,以哈尔滨工业大学能源动力类专业培养目标和培养方案为例,讨论结合OBE理念(成果导向教育),将“以项目为中心”的教学环节融入到培养方案中,以期提升学生水平,进而达到新时代高校专业的培养目标。

2. 培养方案与社会需求的对比分析

2.1. 培养目标与社会需求对比分析

根据哈尔滨工业大学能源学院最新发布的2019级能源动力类本科生培养方案[3],能源动力类的本科生的培养目标为:面向世界科技前沿、面向国家重大需求,培养具有优良品德、执着信念和社会责任感,具备多维知识结构、创新思维和国际视野,具备组织协调和解决复杂工程问题能力,在能源动力及相关领域引领未来发展的杰出人才[3]。

文献[2]对工业界企业雇主进行调查,发现企业雇主对毕业生能力的期望从高到底的前五种依次是:终身学习能力、沟通交流能力、解决问题能力、实验能力、工程实践能力。而根据文献[4]对高校毕业生可雇佣能力和企业需求的差异分析,发现企业对毕业生能力的要求从高到低依次为:责任感、处理问题

能力、分析问题能力、终身学习能力、团队合作能力。文献[5]则通过已就职毕业生进行问卷调出指出：在校学生最需要提高的前五种能力为：人际交往能力、沟通和表达能力、解决问题的能力、应变和创新能力和职业认识能力。经过文献调研和实地访谈社会对毕业生能力的需求[6] [7] [8]中可以看出：终身学习能力、沟通交流能力、解决问题能力是企业较为看重的能力。下面就哈工大能源学院的培养要求和社会需求进行对比，分析培养要求和社会需求是否一致。

从培养方案的表述中可以看出：哈工大能源学院最新修订的培养方案致力于从知识与技能、实践与方法、责任与担当和素养与能力四个层面培养学生。图 1 对比了培养方案要求毕业生具有的几方面的知



Figure 1. Comparison of social needs and requirements for students in the training program

图 1. 社会需求与培养方案中对学生的要求对比图

识、能力和素质和社会要求的毕业生能力。从图中可以看出：要求 1 强调学生对专业知识的掌握，对应社会需求中的专业能力。要求 2~5 强调培养学生的实践能力，并能够运用知识分析处理专业问题的能力，对应社会需求中的工程实践能力、分析问题能力、处理问题能力。要求 6~7 要求学生掌握现有政策和法规，并综合考虑工程对环境等因素的影响，强调学生的责任和担当，对应社会需求中的责任感。要求 8~12 则重点培养学生的素质与能力，也就是非技术能力，分别对应社会需求中的跨学科学习能力、终身学习能力、责任感、团队合作能力、沟通交流能力和工程领导能力。

因此，从分析结果来看：哈工大能源学院最新修订的培养方案中对毕业生的要求与社会需求的契合度较高。

2.2. 培养环节与培养目标对比分析

通过第二部分的分析，发现哈工大能源学院的培养方案对毕业生的要求与社会需求的契合度较高。这部分则是分析培养方案中培养环节设置能否满足培养目标和培养要求。

表 1 给出了哈工大能源学院培养方案中的课程类别和学分比例表。从表中可以看出课程类别主要分为通识教育和专业教育类，从表中可以看出哈工大能源学院的培养方案中偏重对通识教育和专业课程的教学，而像课程设计、实习实训和毕业设计这类专业实践课程学分较少，仅有 24 学分。虽然专业通识和专业课程也有涉及实验教学，经统计课程实验的总学时为 220 学时，折合为学分为 11 学分。因此，总的专业实践课程和课程实验的总学分为 35 学分。约占总学分的 20%。单纯从数据上来看，实践环节占比过少，学生受到的实践训练有限。此外，经过大量的调研发现，大部分课堂的教学模式还停留在以教师授课为主，学生单纯的接受知识的阶段。课堂的教学内容边界性明显，学生接受的内容还是单一学科的知识内容。学生的学习模式始终是“从文本到文本”的范式，学生的分析与解决问题、团队协作能力、跨学科学习能力等非技术能力得不到充分的锻炼。

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. 标准试验系统结果数据

类别	课程类别	学分	%	学分合计	%
通识教育	公共基础课程	30	17.65	74.0	43.53
	文理通识课程	34	20.0		
	数学与自然科学基础课				
专业教育	文理通识课程	10	5.88	86.0	50.59
	文化素质教育课程				
	专业基础课程	49.5	29.12		
	专业核心课程	8.5	5.00		
	专业选修课程	4.0	2.35		
	课程设计	5.0	2.94		
	实习实训	7.0	4.12		
毕业设计(论文)	12.0	7.06			
	个性化发展课程	10.0	5.88	10.0	5.88
	合计	170.0	100	170.0	100

因此，如何从培养环节出发经学生的学习方式从以往的“从文本到文本”，转为“从文本到实践”

乃至“从实践到文本”转变，并让学生在实践中提高自身的非技术能力是教学必须思考的问题。

3. 基于 OBE 理念上的课程体系建设

为了解决专业培养环节中中学生解决实际的工程问题的机会较少，学生的非技术能力得不到充分锻炼，达不到专业培养目标的问题。这部分以培养方案中的《等离子体光谱诊断技术》为例提出建设基于“OBE”理念的专业课程体系，以学习成果为导向，通过采用以学生为中心，教师引导的方式，让学生在解决实际项目的过程中全方位的提升学生自身的能力。

3.1. OBE 理念概述

OBE 全称为成果导向教育(Outcome Based Education)。1994 年美国学者 Willian G. Spady 在他的著作《Outcome Based Education: Critical Issues and Answers》[9]将其定义为：预先明确学生在学习结束后能够获得成果，并组织设计教育体系的内容以确保学生在完成教学环节后能够获得完成预先设定好的成果。OBE 理念的关键要素是 1) 预设一系列确保每个学生在完成学习环节后能够实现的学习成果。2) 设计有效的课程体系使学生能够及时高效的运用所学的知识完成课程预设的成果。因此，从 OBE 的定义和关键要素来看，OBE 理念的执行步骤可划分为四个步骤：预设学习成果、设计教学环节、评估学习成果、反馈调节教学环节[10]。目前由于 OBE 理念的实际作用显著[11]其已经逐渐被越来越多的国家采纳，应用到课程体系建设[12] [13]和课程评估上[14] [15]。

3.2. 等离子体光谱诊断课程体系建设

如图 2 所示，为《等离子体光谱诊断技术》的课程体系一览图。该体系以产出成果为导向，整个课程体系均以解决实际工程问题为主线，主旨是以学生为中心，在教学环节的设计中实现专业能力、实践能力与非技术能力的三位一体建设，让学生在解决实际工程项目的过程中充分锻炼自己。

3.2.1. 课程产出成果

前文已经提及学习成果是 OBE 执行环节的重中之重，学习成果预设的成功与否直接决定了教学的成败，如果学习成果预设过高，超过学生现阶段的能力，只有极少部分的学生能够通过教学环节产出成果，那么教学就是失败的，因为这有违教学要让大多数学生有多收获的初衷。反之，如果学习成果预设过低，则学生在完成课程后的收获有限，仍然不能满足社会对学生能力的要求。因此，预设的学习产出成果要充分平衡产出成果与学生自身能力的关系，学习产出成果应该按照能力层次进行划分，使其具有弹性。

学习产出的成果的形式是评估学习成果的最直观的资料。本课程的学习产出成果有以下几种形式：1) 研究报告：由于本课程以“解决实际工程问题”为主线进行展开，研究报告是体现学生解决实际工程问题的成果最直观的方式，研究报告中包括工程问题的应用背景、技术路线、理论分析、结论与讨论几大部分；2) 小组答辩：小组答辩的模式要高度还原实际工程项目答辩的场景。小组全部成员均需要参与答辩，答辩内容要体现小组在整个项目进行过程中的思维过程，并展现小组取得的成果，进行实物或者程序模拟和展示；3) 总结报告：该报告主要让学生总结在课程学习过程中的感悟和对自身能力的评价，强调学生自身进行复盘，从而发现自身的提高与不足。上述三种产出成果的形式从不同的角度实现教师对学生与学生对自身的评估，同时三个报告都能的反应学生对项目的完成度。因此，这三种产出成果既彼此独立又相互支撑。

3.2.2. 课程体系建设

基于教学环节设计的核心在于将社会需求的能力融合在相应的教学环节中。由于课程本身的设置就是以解决实际工程为题为主线展开，所有对学生解决实际工程问题的锻炼是贯穿始终的。而辅线一非技

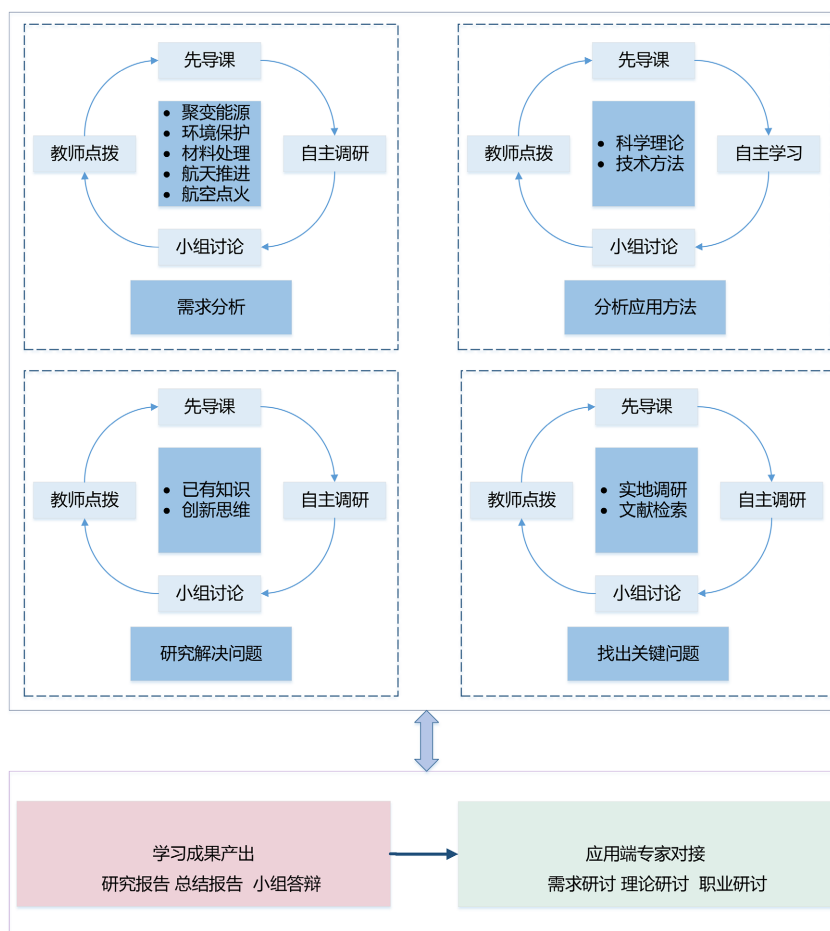


Figure 2. Overview of the curriculum system of Plasma Spectral Diagnostic Technology
图 2. 《等离子体光谱诊断技术》的课程体系一览图

术能力的锻炼则通过组内合作，团队汇报的形式展开。具体是：

(1) 需求分析。由于课程建设以“项目为中心”开展，课程研究项目的来源至关重要。学生由于自身对国家和行业的了解与需求有限，让学生自行调研显然不符合实际。因此，教师需要在先导课中讲述相关的行业动态和国家对行业的需求。对于本课程《等离子体光谱诊断技术》而言，教师重点通过讲述国家重大科技项目中对等离子光谱诊断的需求，让学生了解等离子体光谱诊断的前沿信息。并且，教师根据多年在研究领域积累经验最终确定本课程重点研究聚变能源、环境保护、材料处理、航天推进、航空点火，这五个方向中所涉及到的等离子体光谱诊断问题。

在学生了解了先关的行业的发展动态，对行业发展有了直观的印象后。学生将按照前文提到的五个重点研究方向进行分为 5 组，每组人数为 4~5 人。分组完成后，学生将有 4 周的时间自主调研其确定好的方向中对等离子光谱诊断的具体的理论和技术需求，在这期间小组成员可自行组织研讨活动。小组调研完成后需要撰写需求分析报告，制作汇报 PPT，教师安排一次见面课对各个小组的汇报进行点拨与把关。

2) 分析应用方法。需求分析完成后，学生仅仅是了解了相关领域对等离子体光谱诊断技术的需求，但是学生还不掌握等离子体光谱诊断技术的科学理论与技术方法。为此，教师首先安排一次先导课，讲述等离子体光谱诊断技术的基本原理与科学研究方法。但是，值得强调的是：先导课不能将相关科学知

识和技术方法全部教授给学生，它的意义是引出等离子光谱诊断的基本知识框架和讲述方法论层面的知识。先导课程结束后，安排两周的时间让学生自主学习。由于这一阶段中的科学理论和技术方法具有普适性和共通性，学生既可以组内讨论也可以跨组讨论，学生可充分利用学校图书馆资源和网络资源进行学习。在这一阶段，教师主要点拨学生的学习方法与学习内容，已保证学生高效精准的掌握知识，但是对于知识的消化吸收与理解，则主要靠学生自学来完成。

3) 分析关键问题。经过前面两个阶段的训练，学生已经对行业需求有所了解，一定程度上掌握了所涉及的科学知识和技术方法，并对解决具体工程项目的通用方法有所了解。接下来，学生便要根据前面课程积累的知识和能力分析出其所面对的方向的等离子体光谱诊断技术应用的关键问题。在这个阶段主要引导学生进行等离子体光谱诊断技术在实际应用主要限制因素的思考，这一阶段的课程以见面课小组研讨的方式进行，由学生组长主持，教师参与点拨。

4) 研究如何解决问题。确定了关键问题后，便要研究如何解决问题。学生要根据前期学习的知识和自身积累的创新思维以小组合作的方式独立的解决问题。虽然前面的课程训练学生已经学习到一定的知识，但是对解决项目还是不够的。因此，学生在这一阶段需要在实际解决问题的过程中再学习新的知识，逐步接受“做中学”的模式。老师在这一阶段以鼓励为主，适当点拨，给学生提供相应的实验，模拟资源。这一阶段学生将有四周的时间来完成任务。

5) 成果展示。在完成前面四个阶段的训练后，将进行相关的成果汇报。在这一阶段，教师将要求航天院所的技术专家来到课堂，与学生一同讨论，以实现创新想法与科研和生产需求相结合的目的。对于优秀小组的研究成果将被收入学校与研究所共建的创新项目库中，入库后研究所将派技术骨干指导学生进行方案的迭代升级，以期投入产业化应用。此外，院所技术专家还将通过评估成果的同时对课程建设提出意见，教师将根据反馈意见优化课程体系建设。

3.2.3. 评估与反馈

评估与反馈是贯彻 OBE 理念的最终环节。学生的产出成果评估已经在课程体系建设中介绍，由于课程体系建设的定位是按照社会需求培养学生的各项能力，这部分便重点介绍的是学生能力与课程体系的评估。

图 3 给出评估与反馈的建设逻辑图。教师是课程的建设者和教授者，因此教师可以按照课程定位和目标客观的评价学生，评价内容主要有：1) 学生的学习能力；2) 学生的分析与解决问题的能力；3) 学生的团队协作能力；4) 学生的沟通表达能力。教师的评价是在整个该课程中贯穿始终的，教师经过多次过程评价，最终在课程结束后给出最终评价。

学生是课程的直接参与者，在课程中投入的时间最长。学生的评价对象有四个：学生要对课程体系、教师、同学、自身进行评价。学生对课程体系评价与学生对自己的评价是一体的。学生通过根据自己最终的学习产出成果—项目的完成情况，复盘和总结自身在课程学习过程中的行为来评判自身的能力是否得到了提高？如果学生判断自身能力提高了，那么学生要知悉自己的哪些能力得到了提高？学生对自身判断后，自然会考虑课程体系对自身能力提高的贡献率，从而完成对课程体系的评价。此外，在课程中，学生完成项目的过程均是以小组合作的方式完成的，学生对自己组内的同学会有一定程度的了解。因此，组内成员还要

根据小组成员的表现互相评价，组内评价主要侧重非技术能力的评价。最后，学生要对老师进行评价，老师在教学过程中是否提供了相关资源和实质性的引导。

图 3 中的第三方在本课程体系中指的是航天五院 514 所，教师在课程前引导学生进行需求分析时，部分项目直接从研究所获得，而且部分学生的学习产出成果可直接提供给第三方，第三方式是课程体系

的共建者和受益者。因此，第三方的评价至关重要。第三方的评价对象主要是学生，对于有实际应用价值的学习产出成果，第三方会将其收入到创新库中，并派出经验丰富的技术骨干指导学生对项目进行迭代优化；对于缺乏实际应用价值的学习产出成果，第三方要给出具体的原因，以便老师和同学进行更改。此外，第三方还是学生毕业的直接接受者，第三方还可从职业胜任力的角度对学生进行评价，帮助有志于进入航天研究所的学生制定计划，提前培养能力。

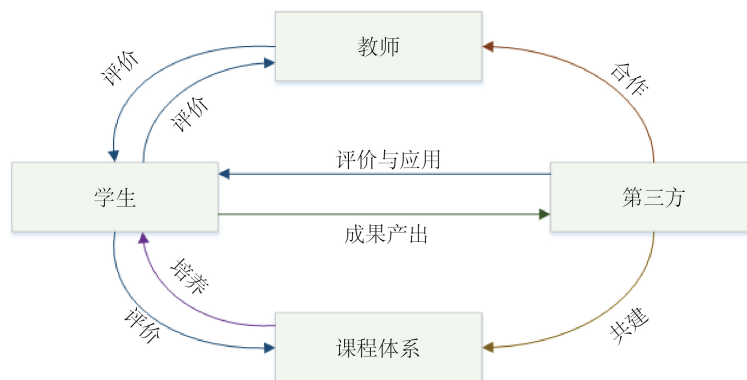


Figure 3. Construction logic diagram of evaluation and feedback
图 3. 评估与反馈的建设逻辑图

4. 总结与结论

本文从国务院印发的《深化新时代教育评价改革总体方案》中对高校毕业生评价由高校自我评价转向社会用人单位等第三方评价出发，立足于社会对毕业生的能力需求，分析哈尔滨工业大学能源学院的培养方案和培养环节，提出基于 OBE 理念的等离子光谱诊断技术的课程体系建设路径，旨在使学生在解决实际工程问题的过程中全方位的提升能力。

目前该课程已经进行了两轮，经过多方的评价与反馈，课程体系愈发成熟，学生反馈良好。该课程体系打下了良好的开端。为了扩大成果导向教育，“以项目为中心”的培养理念，下一步计划将该理念推广到哈工大能源学院的电推进教研室所建设的等离子物理方向的课程群中，拟采用麻省理工以串编组织为学习内容的模式[16]，融合教研室课程为一个课程模块，实现教研室课程一体化，从而多维度地培养学生的能力，以满足国家和社会对学生能力的需求。

基金项目

黑龙江省高等教育教学改革研究项目(2020~2022)项目编号 SJGY20200200。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部[Z/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/202010/t20201015_494794.html, 2020-10-15.
- [2] 崔军, 汪霞. 社会对高等工程教育课程改革的诉求研究——基于工业界企业雇主的调查[J]. 高等工程教育研究, 2013(2): 82-89.
- [3] 哈尔滨工业大学能源科学与工程学院. 能源动力类本科生培养方案[Z/OL]. <http://power.hit.edu.cn/2020/0708/c5748a243757/page.htm>, 2020-07-08.
- [4] 马永霞, 李艳静, 张雪. 高校毕业生可雇佣能力与企业需求的差异分析[J]. 高教探索, 2018(5): 110-117.
- [5] 孙志凤. 用人单位对高校毕业生就业能力的期望和评价——基于已就业毕业生的调查[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2013, 12(1): 73-77.

-
- [6] 杨娟. 用人单位对高校毕业生就业能力的评价: 基于重要性-满意度的角度[J]. 高教探索, 2018(9): 118-122.
- [7] 殷文华. 用人单位视角下的人才需求与评价分析及对策建议[J]. 改革与开放, 2019(7): 63-65.
- [8] 续智丹, 林健, 黄海燕. 面向新工科的工程领导力教育研究[J]. 高等工程教育研究, 2019(5): 30-40.
- [9] Spady, W.G. (1994) Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers. American Association of School Administrators, Arlington.
- [10] Acharya, C. (2003) Outcome-Based Education (OBE): A New Paradigm for Learning. *CDTlink*, 7, 3.
- [11] Nakkeeran, R., Babu, R., Manimaran, R., *et al.* (2018) Importance of Outcome Based Education (OBE) to Advance Educational Quality and Enhance Global Mobility. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119, 1483-1492.
- [12] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 包能胜, 陆小华, 熊光晶, 陈严. 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.
- [13] Manzoor, A., Aziz, H., Jahanzaib, M., *et al.* (2017) Transformational Model for Engineering Education from Content-Based to Outcome-Based Education. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 27, 266-286. <https://doi.org/10.1504/IJCEELL.2017.087136>
- [14] Naqvi, S.R., Akram, T., Haider, S.A., *et al.* (2019) Learning Outcomes and Assessment Methodology: Case Study of an Undergraduate Engineering Project. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 56, 140-162. <https://doi.org/10.1177/0020720918790108>
- [15] Premalatha, K. (2019) Course and Program Outcomes Assessment Methods in Outcome-Based Education: A Review. *Journal of Education*, 199, 111-127. <https://doi.org/10.1177/0022057419854351>
- [16] 刘进, 王璐瑶. 麻省理工学院新工程教育转型: 源起、框架与启示[J]. 高等工程教育研究, 2019(6): 162-171.