

中国工程教育专业认证的“最后一公里”

李志义

(大连理工大学, 辽宁 大连 116024)

摘 要:中国工程教育专业认证从“形似”转向“神似”的关键就是从“222”(2 个产出、2 个关系和 2 个机制)向“333”(3 个产出、3 个关系和 3 个机制)的转变,实现这个转变的关键是成果导向教育进课堂,这是中国工程教育专业认证的“最后一公里”。3 个产出(培养目标、毕业要求和课程目标)、3 个关系(培养目标与毕业要求的关系、毕业要求与课程体系的关系和课程目标与毕业要求的关系)和 3 个机制(培养目标合理性与达成情况评价与改进机制、毕业要求达成度评价与改进机制和面向产出的课程教学评价与改进机制),解释了何已“形似”、何未“神似”和何以“神似”。

关键词:工程教育;专业认证;成果导向教育;毕业要求;课程体系

中图分类号:G649 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-8742(2020)03-0001-13

2006 年,教育部启动工程教育专业认证试点工作。2016 年,中国正式加入了《华盛顿协议》,标志着中国工程教育质量在该协议成员间达到了实质等效。专业认证撬动了工程教育专业改革,建立了国际实质等效的专业质量标准和质量保障体系^[1]。应该说,加入《华盛顿协议》的前十年,中国的工程教育努力做到了“形似”;之后,做到“神似”便是我们追逐的“最后一公里”。换言之,加入《华盛顿协议》的前十年我们在“爬坡”,之后这几年我们在“过坎”。那么,何已“形似”?何未“神似”?何为“最后一公里”?这是中国工程教育专业认证跨越目前这个“坎”、迈向更高水平必须回答的几个问题。

一、“形似”与“神似”

谈及“形似”与“神似”,必须明确与何相似?这是方向性问题。必须明确的是:是 OBE(Outcome-Based Education,成果导向教育)而不是 ABET(美国工程技术认证委员会)或其他认证机构。OBE 是工程教育专业认证的“灵魂”,是《华盛顿协议》的核心理念。2003 年起,《华盛顿协议》制定的基于 OBE 的毕业要求框架,一直作为其

作者简介:李志义,男,教授,沈阳化工大学原校长,研究方向为工程教育专业认证。

成员间“实质等效”的一把尺子。

经过多年的发展,OBE 理念已经形成了完整的理论体系和实践模式^[2]。尤其是其三个原则——反向设计(Reverse Design, RD)、以学生为中心(Student Centered, SC)和持续改进(Continuous Improvement, CI),这三个原则为中国工程教育专业改革的三个基本问题——教什么、怎么教和教得怎么样指明了方向。

然而,OBE 理念就像一件华贵的外衣,穿者必须有与之匹配的身段与气质。如果我们只是为自己做了这件华贵的外衣,那只是“形似”;如果我们同时还修炼了身段、修养了气质,那是“神似”。具体讲,做到“222”,只是“形似”;做到“333”,就做到了“神似”。“222”是指:2 个产出、2 个关系和 2 个机制。2 个产出是指:专业教育产出(Program-educational Outcomes, PO,即培养目标)和学生学习产出(Student-learning Outcomes, SO,即毕业要求);2 个关系是指:培养目标与毕业要求的关系,毕业要求与课程体系的关系;2 个机制是指:培养目标合理性与达成情况的评价与改进机制,毕业要求达成度的评价与改进机制。“333”是指:3 个产出、3 个关系和 3 个机制。3 个产出:除了前面的 2 个产出外,还有课程教学产出(Course-teaching Outcomes, CO,即课程目标);3 个关系:除了前面的 2 个关系外,还有课程目标与毕业要求的关系;3 个机制:除了前面的 2 个机制外,还有面向产出的课程教学评价与改进机制。做到“222”意味着 OBE 进入了课程体系,更多的是在设计层面,是“外饰”,所以是“形似”;做到“333”意味着 OBE 进入了课堂,更多的是在行动层面,是“内功”,所以是“神似”。中国工程教育专业认证要实现从“形似”到“神似”的转变,必须实现从“222”到“333”的转变;要实现从“222”到“333”的转变,必须实现 OBE 进课堂。OBE 进课堂,便是中国工程教育专业认证的“最后一公里”。

二、3 个产出

3 个产出(培养目标、毕业要求和课程目标)的建立,是 OBE 理念的第一个原则——反向设计的结果;而 3 个产出的实现,是 OBE 理念的第二个原则——以学生为中心的结果。

(一)培养目标

目前,参与认证的专业对培养目标在专业教学中的地位和作用的认识都比较到位,并都制定了明确的培养目标。但从“神似”的视角,仍有一些需要改进和深化的问题,例如需求不准确、结构不合理和内涵不确切等。

按照 OBE 理念,培养目标是由需求决定的。首先,要清楚需求是什么?为此,要明确是谁的需求?也就是说,所培养人的预期“用户”是谁?预期就业岗位是什么?中国工程教育专业认证标准要求:培养目标要“符合学校定位、适应社会经济发展需要”。学校定位就确定了所培养人的预期“用户”和预期就业岗位,预期“用户”和预期就业岗位需要的素质特征,就决定了培养目标的需求。目前,一些专业在确定需求

时,没有明确的预期“用户”和预期就业岗位。有些地方高校甚至用行业或企业需求来决定培养目标,以突出培养目标的“先进性”。应该指出,培养目标只有“合理性”,没有“先进性”。就像我们要筹建一座酒店,学校定位决定了要建一座几星级的酒店,酒店的软硬件配置(培养目标)决定于预期客人的需求,如果我们用“蓝领”的需求来确定一个快捷酒店的软硬件配置,就会造成需求与目标的严重错位。

1996 年,由“国际 21 世纪教育委员会”向联合国教科文组织提交了一份教育研究报告《教育——财富蕴藏其中》(*Learning, the Treasure within*)。这份报告历时 3 年,针对未来教育面临的挑战,在世界范围内对教育问题进行了深入研究,着眼于未来的大目标并注意与各国实际相结合,提出了可供高层决策者作为教育变革依据的建议。该报告提出了 21 世纪教育的四大支柱:学会学习(*learning to know*)、学会做事(*learning to do*)、学会做人(*learning to be*)、学会共处(*learning to live together*)。近年来,大多数国家的教育发展都借鉴了这一现代教育思想。《华盛顿协议》也完全接受了这种教育思想,据此构建了毕业要求框架(*Graduate Attribute Profiles*)。作为培养目标,也应该按照“会学习、会做事、会做人和会共处”(简称“四大支柱说”)的逻辑结构来构建。例如,美国某大学计算机专业培养目标:(1)能够应用专业知识解决计算机学科核心领域的工程问题(会做事);(2)能够独立地或以团队方式进行书面和口头交流与沟通(会共处);(3)能够通过正式或非正式途径接受计算机学科领域的继续教育(会学习);(4)能够遵守计算机行业的道德规范(会做人)。

然而,中国大多数认证专业的培养目标是按“知识、能力和素质”的逻辑结构构建的(简称“知能素说”)。例如,中国某大学计算机专业的培养目标:(1)具有扎实的数学和自然科学知识,具备坚实的计算机学科的基本理论和专业知识,具有一定的人文社会科学和技术经济管理知识(知识);(2)具有较强的表达、人际交往、团队协作能力和一定的跨文化交流能力,具备独立思考与判断、分析问题和解决问题能力,具有终身学习能力,具备较强的工程实践能力和科学研究能力(能力);(3)具有成为本领域优秀人才、并能驾驭和应对未来的潜质,具有健全人格和健康体魄、社会责任感和职业道德,具备批判性思维和创新精神,能够在本领域的研究开发、设计制造、技术经济管理等工作取得卓越成就(素质)。

这样的培养目标至少有三个不足:其一,“具有……的知识”是毕业要求而不是培养目标,培养目标的重点是应用这些知识,新的知识是由“会学习”来不断补充;其二,“能力”和“素质”很难界定,例如,“能力”中的“表达、人际交往、团队协作”很难说不属于素质范畴,“素质”中的“驾驭和应对未来的潜质”很难说不属于能力范畴;其三,因为与毕业要求的逻辑结构不同,很难在二者间建立起清晰的对应关系。

培养目标内涵不确切表现在两方面:一是将培养目标与培养定位混为一谈,二是将培养目标与毕业要求基本等同。

培养定位是“能成为什么”,培养目标是“为什么能成为什么”。至今,许多专业的培养目标仍然沿用过去的“四段式”的八股文:“本专业培养具备……,能在……领域,从事……工作的……人才”。“……人才”是培养定位,“从事……”是职业特征,“在

“……领域”是职业范围,“具备……”才是培养目标。为什么能成为“在……领域、从事……工作的……人才”,因为“具备了……”。培养目标的一种推荐的表述方式是“定位+目标”,即:本专业培养具备……,能在……领域,从事……工作的……人才。本专业毕业生在毕业后 5 年左右应该具备……^[3]。

培养目标是对该专业毕业生在毕业后 5 年左右能够达到的职业和专业成就的总体描述,而毕业要求是对学生毕业时应该掌握的知识和能力的具体描述。虽然二者都是产出(outcomes),都是“具备了……”,但含义不同:前者是毕业 5 年左右时“具备了……”,后者是毕业时“具备了……”。培养目标=(毕业要求+ Δ),这个增量 Δ 是大学后继续教育和工程实践的产出。目前,一些专业的培养目标并未反映这个增量 Δ ,只是对毕业要求的概况与综合。例如,前述中国某大学计算机专业的培养目标(1)是毕业时应该具备的(即毕业要求),其增量 Δ 应该按前述的美国某大学计算机专业培养目标(3)的方式表达。

(二)毕业要求

从“神似”的视角,就毕业要求而言,我国工程教育专业认证还有 3 个尚需在实践中深入探讨的问题:如何把握其内涵?如何体现专业特点?如何理解复杂工程问题?

《华盛顿协议》的毕业要求框架可从两个维度来分析:一是 21 世纪教育的四大支柱(即学会学习、学会做事、学会做人和学会共处);二是布卢姆教育目标分类学。美国当代著名的教育家和心理学家布卢姆(B. S. Bloom)将教育目标分为认知(Cognitive domain)、情感(Affective domain)和心理运动(Psychomotor domain)三大领域^[4]。后来,安德森(L. W. Anderson)等人将认知领域修定为两个维度:知识维度和认知向度。知识维度包括陈述性知识(Declarative knowledge)、程序性知识(Procedural knowledge)和元认知知识(Metacognitive knowledge)等,认知向度包括记忆(Remembering)、理解(Understanding)、应用(Applying)、分析(Analyzing)、评价(Evaluating)和创造(Creating)6 个层次。情感领域包括如何做人(How to be)和如何相处(How to live together)等^[5]。按照 21 世纪教育的四大支柱和布卢姆教育目标分类学,可搭建的《华盛顿协议》12 条毕业要求框架的分析结构,如表 1 所示。

借助于上述分析结构,可以从本源上分析与把握中国工程认证标准对毕业要求的内涵。例如,毕业要求 1 的表述是:“能够将数学、自然科学、工程基础和专业知用于解决复杂工程问题。”从布卢姆教育目标分类学角度,这一目标的关键动词是“应用”而不是“解决”。应该理解为:能够在解决复杂工程问题中应用数学、自然科学、工程基础和专业知。简而言之:会应用知识。应用的前提是理解,理解的前提是记忆。因此,毕业要求 1 在表 1 中同处“记忆、理解和应用”3 个层次。但是,在认证实践中,毕业要求 1 常被理解为:能够应用数学、自然科学、工程基础和专业知解决复杂工程问题。这里的关键动词是“解决”而不是“应用”。这样,就将毕业要求 1 从“记忆、理解和应用”层次提升到了最高层次“创造”(参见表 2),使其与毕业要求 3 处于同一层次。这样的理解带来的直接后果是,低层次的认知不得不通过高层次的认知

活动来实现。也就是说,本来用低阶课程(涉及陈述性知识的课程)就可以支撑的,还必须同时用高阶课程(涉及程序性知识的课程)来支撑。

表 1 《华盛顿协议》12 条毕业要求框架分析结构

目标 分类	知识类别	认知向度					
		记忆	理解	应用	分析	评价	创造
认知 领域	陈述性知识	1. 工程知识					
	程序性知识	2. 使用现代 工具		5. 问题分析		6. 工程与社会 7. 环境和可持 续发展	3. 设计/开发解 决方案 4. 研究
	元认知知识	11. 项目管理					
情感 领域	如何做人	12. 终身学习					
	如何相处	8. 职业规范					
心理 运动		9. 个人和团队;10. 沟通					

目前,参与认证的专业在制定毕业要求时有一个共同的困惑,就是很难反映专业自身的特点。面对国家工程教育认证标准的 12 条毕业要求,专业所能作的就是对“复杂工程问题”前面加一个“某专业领域”的定语,例如机械工程领域复杂工程问题、化学工程领域复杂工程问题、电气工程与自动化专业领域复杂工程问题等。这样一来,全国高校某一专业(甚至专业类)的毕业要求基本相同。更有甚者,由于毕业要求基本相同,由毕业要求支撑的培养目标也基本相同,由毕业要求分解的指标点也基本相同,支撑指标点的课程也基本相同,课程目标与教学内容也基本相同,以致于不同高校用几乎相同的培养方案和教学大纲培养同一专业的学生。专业教育的同质化成了必然结果!

出现这种情况与中国工程教育认证标准不无关系。《华盛顿协议》只给出了毕业要求框架,并强调^[6]:这个毕业要求框架是表明毕业生能够获得职业能力的一些要素,而不是通用的国际标准;用以帮助签约和预备成员建立基于产出的认证标准,并不要求被认证专业的毕业生具有相同的学习产出和学习内容;认证专业应该根据认证标准,制定出自己的毕业要求,这个毕业要求是可评价的学习产出,它由不同程度的具体描述来支撑。显然,《华盛顿协议》给出的是“框架”,而协议成员应该依据该“框架”制定出自己的“标准”,认证专业应该依据该“标准”制定出自己的学习“产出”。然而,我国现行的工程教育认证标准,照搬了《华盛顿协议》的 12 条毕业要求框架,加之在认证实践中过分强调“全覆盖”,认证专业也基本照搬了这 12 条,导致“框架”成了“标准”、“标准”成了“产出”。

那么,毕业要求如何体现专业特点呢?一是要用好表示“程度”的修饰词,二是要用好表达不同认知层次的动词。无论是毕业要求的“框架”还是“标准”,都没有作程度上的限定。例如,认证标准的毕业要求 1:能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。可以根据不同的专业培养定位与目标表述为:能够将扎实的数学和自然科学知识、深厚的工程基础知识、宽广的专业知识用于解决复杂工

程问题(适应于培养定位为研发工程师);能够将相应的数学、自然科学、工程基础知识,扎实的专业知识用于解决复杂工程问题(适应于培养定位为现场工程师)。用好表达不同认知层次的动词,最能体现专业特点。表 2 给出了布卢姆教育目标分类学 6 个认知层次及相应的动词。对于认知领域的任何一种知识类别,都可以用 6 个认知层次来表述(见表 1);对于同一认知层次,也可用不同动词来表述(见表 2)。例如,就“创造”这一认知层次而言,既可以表述为“开发”,也可以表述为“设计”。使用什么动词,取决于其培养定位与目标。

表 2 布卢姆教育目标分类学认知层次相应的动词

层次	推荐动词	层次	推荐动词
创造	开发、建立、制定、解决、设计、规划	应用	应用、执行、实施、开展、推动、操作
评价	评价、检查、判断、批判、鉴赏、协调	掌握	掌握、比较、推论、解释、论证、预测
分析	分析、辨别、解构、重构、整合、选择	记忆	了解、认识、界定、复述、重复、描述

关于复杂工程问题,文献[3]曾做过论述,这里需要强调的是:复杂工程问题除了取决于教育背景外,还取决于教育范式。有两种基本的教育范式:科学范式与工程范式。两种范式导致了两种不同的教育模式:科学模式与工程模式。科学模式解决的是确定的、线性的、静止封闭的问题,工程模式解决的是非确定的、非线性的、动态开放的问题。表 3 给出了科学模式与工程模式的特征。对比两种模式发现,《华盛顿协议》12 条毕业要求框架非常强调工程实践、社会背景、团队协作、设计与过程、横向思维、集成与综合、问题形成与想法实现等。然而,中国目前的工程教育尚未完全从科学模式中解脱出来,甚至科学模式在某些方面仍处于主导地位。当然,我们不能完全放弃科学模式而简单地用工程模式取而代之,但也不能继续用科学模式进行工程教育。正确的做法应该是,将科学模式和工程模式进行集成,构建一种适于工程教育的综合模式。

表 3 科学模式与工程模式的特征

序号	科学模式	工程模式	序号	科学模式	工程模式
1	纵向思维	横向思维	7	重研究	重设计过程、制造
2	(从书本)抽象学习	(从实践)体验学习	8	注重问题求解	注重问题形成
3	强调还原(分)	强调集成(分)	9	注重形成想法	注重实现想法
4	发展“有效”	联系“无序”	10	独立探求	团队协作
5	追求确定性	处事调和折中	11	强调科技基础	强调社会背景
6	重分析	重综合	12	重视工程科学	重视工程实践

教育范式也影响课程结构与进程设计。中国目前的工程教育课程结构与进程主要体现了科学模式,如图 1 所示。大学一年级主要是数学、基础科学和人文社会科学课程(贯通 4 年),二年级延续一年级的课程并开始了工程科学课程,三年级主要是工程科学课程和专业课程,四年级主要是专业课的加深和综合设计课。符合工程教育

专业认证要求的课程结构与进程应体现综合模式,如图 2 所示:一、二年级主要是基础课程(集成统一的科学和数学课),同时融入现代工程内核课;三年级为较深的工程科学课,同时强调研究经历;四年级主要为综合设计,同时延续三年级开始的较深的专业课;自选性实验、设计、系统方法学和人文课程贯通整个大学 4 年。然而,在现阶段认证实践中,只强调知识(能力)结构与认证标准中毕业要求 12 条的符合情况,很少关注课程结构与进程。

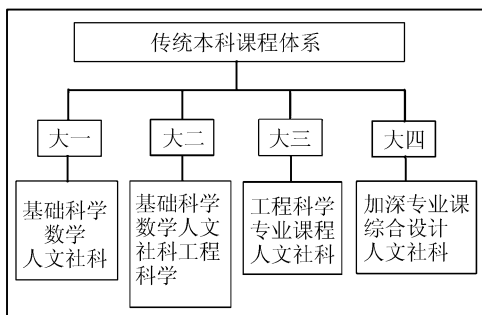


图 1 科学范式下的课程结构与进程(科学模式)

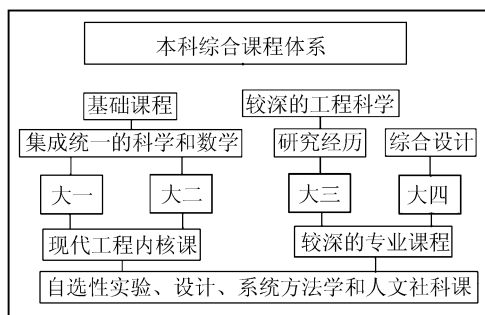


图 2 工程范式下的课程结构与进程(综合模式)

应该特别指出,对复杂工程问题的理解不能简单化,例如将其理解为教育内容。要从教育背景的角度去理解它,防止将本科教育变成高职教育(将知识的深度从基于自然科学变成基于技术科学,知识的广度从一级学科变为二级学科);要从教育范式

(三) 课程目标

如果说中国工程教育专业认证在前两个产出上已经基本做到了“形似”的话,课程教学产出仍在努力做到“形似”的路上。培养目标和毕业要求是培养方案的核心要素,培养方案的落实靠课程教学大纲。课程目标是课程教学大纲的核心要素,它既支撑着毕业要求的达成,又决定着教学内容、教学方法以及评价方式。培养方案是个“总装图”,用“总装图”是加工不出来产品的,一定要把它拆画成一张张“施工图”(即“零件图”)。把每个零件都画出来,才能拿到车间去加工。“总装图”由总设计师(专业负责人或核心骨干)完成,体现的是总设计师对 OBE 的理解与把握;而“施工图”需要每一个零件的加工者(课程主讲老师)自己完成,体现的是全体老师对 OBE 的理解与把握。这是为什么 OBE 进培养方案容易、进教学大纲难缘故。教学质量是一堂堂课教出来的,如果培养方案不能落实到教学大纲,那它只能是一纸空文。

然而,专业老师已经习惯了“教材导向”的教学大纲。从“教材导向”的大纲向 OBE 的“产出导向”的大纲的转变,需要的不仅仅是“改变”而是“颠覆”。“教材导向”教学大纲的制定,实际上是对教材目录的二次加工:在限定学时内确定重点讲的章节

以及各章节重点讲的内容,并安排相应的授课学时。“产出导向”的教学大纲需要对整个课程教学用 OBE 理念进行重新设计,这种设计要求从“以教为中心”转向“以学为中心”。也就是说,教学内容从“教什么”向“学什么”转变,教学方法从“怎么教”向“怎么学”转变,教学评价从“教得怎么样”向“学得怎么样”转变。

教学内容怎样从“教什么”向“学什么”转变?“教什么”主要由教材决定,当老师选定了教材时,就确定了教学内容。“学什么”主要取决于学生的学习产出(毕业要求),就某门课程而言,它主要取决于课程教学产出(课程目标)。也就是说,课程目标是由毕业要求决定的,教学内容是由课程目标决定的。因此,选用什么教材(这里用“参考书”可能更确切,因为能适应不同课程目标的“统编教材”实际上是不存在的)也是由课程目标决定的。

教学方法怎样从“怎么教”向“怎么学”转变?“怎么教”的基本特征是“三个中心”,即以教师、课堂和教材为中心。“怎么学”强调学生在教学中的主体地位,学生不再是知识的被动接受者,而是主动学习者、自主建构者、积极发现者和执着探索者;强调让学生自主选择 and 决定自己的学习活动,依靠自己的努力达到学习的目标,形成自我评价、自我控制、自己调节、自我完善的能力;强调知识的创新性和实践性,注重通过研究和实践来建构知识和发展知识;强调通过自主性和探索性的教学环境和教学氛围,来呈现知识的开放性和发展性。从“怎么教”向“怎么学”转变,需要实现如下五个转变:由低阶课堂向高阶课堂转变、由灌输课堂向对话课堂转变、由封闭课堂向开放课堂转变、由重知轻行向知行合一转变、由重学轻思向学思结合转变。

教学评价怎样从“教得怎么样”向“学得怎么样”转变?前者遵循的是“以教论学”原则,学得怎么样取决于教得怎么样;后者遵循的是“以学论教”原则,教得怎么样取决于学得怎么样。“以学论教”的评价宗旨是学生的发展,它是多样化、个性化的,能通过多种渠道、采取多种形式,在不同学习情境下考查学生掌握知识和应用知识的水平和能力。促进学生发展的教学评价(即发展性评价)具有如下四个特征:(1)重视学习者高阶思维能力的发展;(2)注重学习过程的评价;(3)注重评价主体的多元化和评价方式的多样化;(4)更加重视质性评价方式。“以学论教”的评价方式主要是形成性评价,它属于发展性评价;“以教论学”的评价方式主要是终结性评价,它注重评价的评定和选拔功能,忽视评价的诊断和改进功能。终结性评价以考试为主,以记忆性的书本知识为主要内容,侧重定量分析,注重最终结果,这种评价方式难以适应对学生高阶能力的评价,在一定程度上不利于这种能力的发展。

实现上述三个转变,实际上是一场“课堂革命”,是一场围绕着课程目标的课堂教学改革的“攻坚战”。这场“攻坚战”有两个特点:一是广泛性,需要广大师生共同参与;而是深刻性,需要从教与学两方面的深刻变革。实现三个转变,是实现课堂教学产出的关键;实现课堂教学产出,是实现其他两个产出的基础。

三、3 个关系

从教学设计角度讲:培养目标决定毕业要求,毕业要求决定课程体系和课程目标;从教学实施角度讲:课程目标决定毕业要求的达成,毕业要求决定培养目标的达成。这就是 OBE 的“反向设计、正向实施”原理,3 个关系(培养目标与毕业要求的关系、毕业要求与课程体系的关系、毕业要求与课程目标的关系)正是遵照这个原理构建的。

(一)培养目标与毕业要求的关系

毕业要求本应该由培养目标决定,实际上许多专业的培养目标只是毕业要求的概括与总结,导致专业教育的同质化。此外,培养目标与毕业要求的关系,是培养目标达成情况评价与毕业要求持续改进的主要依据。如果某项培养目标与毕业要求的对应关系不清晰(似是而非),则当该项培养目标的达成出现问题时,就很难对毕业要求进行针对性改进。表 4 给出了基于“四大支柱”说的培养目标与毕业要求的对应关系。表 4 中的培养目标是美国某大学计算机专业的 4 项培养目标,毕业要求为表 1 中列出的中国工程教育标准 12 条。由于培养目标与毕业要求均基于联合国教科文组织倡导的 21 世纪教育的四大支柱,所以二者的对应关系就很清晰。表 5 给出了基于“知能素”说的培养目标与毕业要求的对应关系。表 5 中的培养目标是某大学计算机专业按照“知识、能力和素质”的逻辑结构构建的,它与中国工程教育标准的 12 条毕业要求的对应关系就不清晰。例如,第二项培养目标不仅包括了所有非技术能力,而且包括了所有技术能力,因为“具备较强的工程实践能力和科学研究能力”需要具备所有技术能力,所以该项培养目标似乎与 12 条毕业要求都有关系。同样,第三项培养目标包含“具有成为本领域优秀人才、并能驾驭和应对未来的潜质”和“在本领域的研究开发、设计制造、技术经济管理等工作取得卓越成就”,就需要具备所有技术和非技术能力,所以该项培养目标也似乎与 12 条毕业要求都有关系。如果第二、三项培养目标的达成情况出现问题,就很难确定应该针对 12 条毕业要求中哪一些进行改进。

表 4 基于“四大支柱”说的培养目标与毕业要求对应关系

培养目标	毕业要求(相应于工程认证标准)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
四大支柱说	(1)	√	√	√	√	√	√				√	
	(2)								√	√		
	(3)											√
	(4)							√				

表 5 基于“知能素”说的培养目标与毕业要求对应关系

培养目标	毕业要求(相应于工程认证标准)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
知能素说	(1)	√										
	(2)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	(3)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

(二)毕业要求与课程体系的关系

根据毕业要求与课程体系的从属与支撑关系,可以形成课程矩阵(见表 6)。根据课程矩阵,可以分析与优化课程结构、课程配置和教学内容。表 6 的纵向:围绕某一指标点,可以分析和优化课程配置。例如:指标点 a 同时由课程 A、C、D、E 4 门课程支撑,分析时需要回答“为什么”“多不多”和“少不少”三个问题。为什么课程 A、课程 C、课程 D 和课程 E 能够支撑指标点 a? 这是目前专业认证要求专业必须回答的一个问题。4 门课程支撑指标点 a 多不多,3 门行不行? 4 门课程支撑指标点 a 少不少,5 门行不行? 根据这两个问题可以优化课程配置。表 6 的横向:围绕某一课程,可以分析和优化教学内容。例如:课程 A 同时支撑 a、c、d、e 和 g 5 个指标点,分析时依然要回答“为什么”“多不多”和“少不少”三个问题。为什么课程 A 能够支撑 a、c、d、e 和 g 5 个指标点? 这是确定课程目标和教学内容必须回答的问题。课程 A 支撑指 a、c、d、e 和 g 5 个指标点多不多,支撑 4 个行不行? 课程 A 支撑指 a、c、d、e 和 g 5 个指标点少不少,支撑 6 个行不行? 根据这两个问题可以优化教学内容。表 6 的总体:围绕所有指标,可以分析和优化课程结构。例如:课程 N 只支撑一个指标点 g,而指标点 g 还有其它 4 门课程支撑,那就要重点分析课程 N 设置的必要性,它是否具有不可替代性。

表 6 毕业要求与课程体系关系(课程矩阵)

课程体系	毕业要求指标点						
	a	b	c	d	e	f	g
课程 A	√		√	√	√		√
课程 B		√	√			√	√
课程 C	√			√			√
课程 D	√	√	√		√		
课程 E	√		√			√	√
课程 F		√		√	√	√	
课程 N							√

应该指出,在目前专业认证实践中,只是要求专业针对指标点说明课程支撑的理由,并没有对课程结构、课程配置和教学内容的分析与优化提出要求,其实后者对课程体系设计更为重要。事实上,表明课程体系能够支撑毕业要求只是达到了“形似”,建立一个结构优化、支撑效果最佳(避免“过支撑”或“欠支撑”)的课程体系,才是“神似”的体现。

(三) 毕业要求与课程目标的关系

在中国专业认证实践中,将课程目标当成了课程教学产出。实际上,某课程的课程目标(严格讲是“课程教学目标”)应该是该课程支撑的所有指标点或毕业要求(如果不设指标点的话),课程教学要求(简称“教学要求”)才是该课程的教学产出(为了避免逻辑上的混淆,本文除此外均沿用习惯概念)。美国工程技术认证委员会提供的课程教学大纲模板对此做了界定。基于该模板,分析美国某大学机械工程技术学院工程与技术概论课程教学大纲中的课程目标与课程教学要求。

本课程对学生达到如下毕业要求有贡献:(1)应用最新的技术与工程工具在机械工程技术及相关交叉学科领域解决技术问题;(2)独立思考,自我管理,能在团队中有效工作和在工业环境中开放性工作;(3)有效的口头、书面沟通能力和图表表达能力;(4)在商业、工业和社会中能展示出专业技能;(5)了解全球事件和社会环境中技术与工程解决方法带来的影响。

完成课程后,学生将具备以下能力:(1)在机械工程技术学科具备基本的知识、技术和能力;(2)在团队中有效工作的能力;(3)通过工程制图、书面报告和口头报告有效沟通的能力;(4)理解专业的、道德的和社会责任的能力;(5)尊重多样性、现代化专业知识、社会和全球问题;(6)保证质量和实效性并不断进步。

课程目标与教学要求的关系犹如培养目标与毕业要求的关系,即:课程目标=(教学要求+ Δ)。增量 Δ 包括支撑这些指标点的其他课程对指标点达成的贡献,以及该课程按照认知规律必须增加的教学产出等。这样,OBE 进课堂的逻辑关系应该是:课程目标决定教学要求,教学要求决定教学内容、教学方法以及评价方式。

四、3 个机制

基于 OBE 的三循环评价与改进模型如图 3 所示。

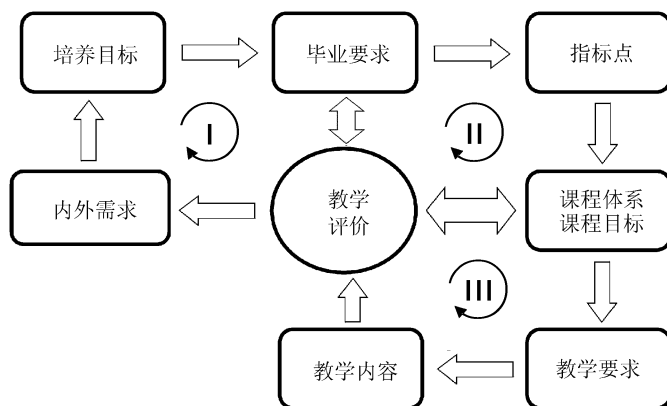


图 3 基于 OBE 的三循环评价与改进模型

持续改进是 OBE 的三大原则之一,持续改进的前提是教学评价。图 3 给出了基于 OBE 的三循环评价与改进模型:校外循环 I 是培养目标的评价与改进循环、校内循环 II 是毕业要求的评价与改进循环、课内循环 III 是课程目标的评价与改进循环。基于三循环评价与改进模型,可以建立 3 个产出的评价与改进机制。也就是说,要针对每一个产出和相应的循环,确定出做(评或改,下同)什么(内容)、谁来做(主体)、何时做(周期)、怎么做(方法)等。

就培养目标合理性与达成情况的评价与改进机制而言,容易将合理性与达成情况搞混。表 7 从评价主体、评价方式、评价机制和评价结果应用等方面给出了二者异同。应该特别强调的是:培养目标合理性评价的评价主体是所有利益相关者,评价目的是改进培养目标;培养目标达成情况评价的评价主体是毕业 5 年左右的毕业生和用人单位,评价目的是改进毕业要求。此外,在认证实践中,容易出现的问题是:培养目标的修订依据并不是合理性评价结果,而是某次问卷调查、访谈或座谈的结果。出现这种“短路”的情况,说明本专业的合理性评价机制并未发挥实质性作用。

表 7 培养目标合理性与达成情况的评价与改进的异同

评价类型	评价主体	评价方式	评价机制	结果应用
合理性	行业企业、毕业生、在校生、教师等	问卷、访谈、座谈	评什么、谁来评、何时评、如何评	改进培养目标
达成情况	毕业生(毕业 5 年)、用人单位	问卷、访谈、座谈	评什么、谁来评、何时评、如何评	改进毕业要求

就毕业要求达成情况的评价与改进机制而言,目前认证的专业基本上能做到,但评价方式单一仍是一个尚待深化的问题。除了按照课程考试成绩的直接评价法外,间接评价方法大都是对学生作业甚至是对出勤情况的评价,缺乏真正能反映学生学习质量的过程评价方法。究其原因,主要是只重视了终结性评价,而忽视了形成性评价。这也是目前学习评价改革的重点和难点。

就面向产出的课程教学评价与改进机制而言,它是目前专业认证实践的一个难跨越的“坎”,但也是一个必须跨过的“坎”。难就难在“面向产出”这四个字。专业主讲教师已经习惯了面向教学内容的课程评价(简称面向内容的评价),很难接受或者说很难适应面向产出的评价。所谓面向产出的评价,就是课程教学评价是为了判断课程目标的达成情况,而不是教学内容的掌握情况。当然,二者是密切相关的,但却体现了两种课程教学理念:产出导向的课程教学和教材导向的课程教学。

面向产出的评价要求对每一个课程目标的达成情况进行直接和间接的评价。例如,对于考试评价课程目标 a 的达成度可用公式计算:

$$\text{课程目标 } a \text{ 的达成度} = \frac{\text{参加考试的学生与课程目标 } a \text{ 相关试题得分平均值的总和}}{\text{与课程目标 } a \text{ 相关所有试题赋分的总和}}$$

如果课程目标达成的评价方法有多种,例如:期末考试成绩占 60%、课程设计占 20%、课程作业占 20%,则课程目标 a 的达成度可用如下计算式:

$$\text{课程目标 } a \text{ 的达成度} = 0.6X_1 + 0.2X_2 + 0.2X_3$$

式中: X_1 为考试评价课程目标 a 的达成度,由前式计算; X_2 为课程设计评价课程目

标 a 的达成度, $X_2 = (\text{参与课程设计的学生相应于课程目标 } a \text{ 的平均分} / \text{课程设计中相应于课程目标 } a \text{ 的总分})$; X_3 为课程作业评价课程目标 a 的达成度, $X_3 = (\text{参与课程作业评价的学生相应于课程目标 } a \text{ 的平均分} / \text{课程作业相应于课程目标 } a \text{ 的总分})$ 。

要完全做到面向产出的评价不只是难,甚至是不可能的。试想,如何在每一个课程目标间配置试题?如何使配置到各个课程目标的试题具有同样的难度?更不用说对课程设计和课程作业的评价了。因此,《华盛顿协议》特别强调课程教学评价中统计规律的应用。课程目标达成度计算只是为了说明面向产出课程教学评价这一概念,而不是推荐一种方法。面向产出的课程教学评价是毕业要求达成度评价的基础,也是产出导向的课程教学的重要体现,因而它是 OBE 理念在课程教学的重要体现,所以,本专业是否建立了面向产出的课程教学评价机制,已成为现阶段专业认证的“底线”。

参考文献

- [1] 李志义. 对中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.
- [2] Spady, W. Choosing Outcomes of Significance. Educational Leadership[J]. 1994(51): 18-22.
- [3] 李志义. 对中国工程教育专业认证十年的回顾与反思之二: 我们应该防止和摒弃什么[J]. 中国大学教学, 2017(1): 8-14.
- [4] Anderson, L W. Bloom's Taxonomy: A Forty-year Retrospective[M]. Ninety-third Yearbook of the National Society for the Study of Education. Chicago: University of Chicago Press. 1994: 126-134.
- [5] Anderson, L W, Krathwhol D R and Airasian P W et al. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing—A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives[M]. 1st. Edition, Pearson Education, Inc. Publishing as Allyn & Bacon, 2001: 211-223.
- [6] International Engineering Alliance. Graduate Attributes and Professional Competencies[EB/OL]. Version 3 : 21 June 2013. available through the IEA website: <http://www.ieagreements.org>.

(编辑: 高 平)

ABSTRACT

From “222” to “333”: The “Last Kilometer” of Engineering Education Certification in China

LI Zhiyi

Page 1

Abstract: Some key problems in the transformation of engineering education certification from “form-like” to “substance-like” in China is analyzed in this paper, and it is pointed out that this transformation is the transformation from “222”(2 outcomes, 2 relationships and 2 mechanisms) to “333”(3 outcomes, 3 relationships and 3 mechanisms). The key to realize this transformation is to get outcome-based education (OBE) into the classroom, which is the “last kilometer” of engineering education certification in China. Focusing on the three outcomes (the program educational outcomes, the student learning outcomes and the curriculum teaching outcomes), three relationships (the relationship between the program educational outcomes and the student learning outcomes, the relationship between the student learning outcomes and the curricula and the relationship between the curriculum teaching outcomes and the student learning outcomes) and three mechanisms (the mechanism of the rationality and achievement evaluation and improvement of the program educational outcomes, the mechanism of the achievement evaluation and improvement of the student learning outcomes and the mechanism of the evaluation and improvement of outcome-based curriculum teaching), a detailed analysis is made on what has been “form-like”, what has not been “substance-like” and how it is “substance-like” respectively.

Key words: engineering education; engineering education certification; outcome-based education; student learning outcomes; curricula

China's Higher Engineering Education: Status, Contradictions and Transformation

ZHOU Yurong, ZHANG Anfu, LI Zhifeng

Page 14

Abstract: Engineering faculty play an important role in the reform and development of engineer-