

doi:10.3963/j.issn.1672-8742.2021.03.011

成果导向的课程教学设计

李志义,王泽武

(大连理工大学,辽宁大连 116024)

摘要:成果导向的课程教学设计,是成果导向教育进课堂这“最后一公里”上的“桥头堡”。成果导向教学设计遵循的是反向设计原则:其宏观设计是产出导向的,其逻辑起点是内外需求;其微观设计(即课程教学设计)也是产出导向的,其逻辑起点是毕业要求。课程教学目标的设计原则是:课程教学目标决定于毕业要求(指标点),必须支撑毕业要求的达成。课程教学内容设计要点是:课程教学内容要能支撑课程教学目标的达成,要与教学方式相适应。以实例说明如何遵循成果导向课程教学目标的设计原则及课程内容设计要点,提出成果导向教育有“两条线”:面向产出教学的主线,面向产出评价的底线。面向产出的课程教学目标评价与面向产出的毕业要求评价之间的关系:由面向产出的课程教学目标评价,确定每一门课程的教学目标达成;由支撑某一毕业要求指标点的一组课程教学目标的达成度的加权平均,确定该项毕业要求指标点的达成度;取毕业要求指标点达成度的最小值,作为该项毕业要求的达成度。

关键词:成果导向教育;工程教育认证;课程教学设计

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-8742(2021)03-0091-08

成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)是工程教育专业认证的核心理念^[1]。中国于2016年正式加入《华盛顿协议》,国际实质等效的专业认证正在有力地推动着基于OBE的工程教育专业改革,进而推动中国工程教育专业认证从“形似”向“神似”的转变。实现这个转变的关键是OBE进课堂,这是中国工程教育专业认证的“最后一公里”^[2]。OBE进课堂的前提是,成果导向的课程教学设计。然而,在传统的课程导向教育和教材导向教学的驱使下,课程教学设计变成了“选教材、讲教材和考教材”,这已成为OBE进课堂这“最后一公里”上的“桥头堡”。如何进行成果导向的课程教学设计?本研究拟从课程教学设计的逻辑起点、课程教学目标设计、课程教学内容设计和课程教学评价设计等方面进行论述。由于课程教学设计的实践性很强,每部分的论述都结合了一些实例,以增强其实用性。

作者简介:李志义,男,教授,博士,研究方向为压力容器教学及教育教学评价。

王泽武,男,副教授,博士,研究方向为压力容器教学及评价。

一、课程教学设计的逻辑起点

教学设计包括宏观设计和微观设计,后者即为课程教学设计。传统的宏观教学设计是课程导向的,其逻辑起点是学科。教学设计从构建课程体系入手,按照学科知识逻辑体系构建一个课程体系,毕业要求是这个课程体系的短期(在校学习期间)预期产出,因而决定于该课程体系;培养目标是这个课程体系的长期(毕业后一段时间)预期产出,因而也决定于该课程体系。知识结构强调学科知识体系的系统性和完备性,教育模式倾向于解决确定的、线性的、静止封闭问题的科学模式,在一定程度上忽视了专业教育的内部和外部需求。

OBE 的教学设计遵循的是反向设计原则,宏观设计是产出导向的,如图 1 所示,其逻辑起点是内外需求^[3]。首先,培养目标设计。根据外部需求(包括国家、社会及教育发展需要,行业、产业发展及职场需求,学生家长及校友的期望等)和内部需求(包括学校定位及发展目标,学生发展及教职员工期望等),确定毕业生在毕业后一段时间(一般为 5 年左右)能够取得的职业和专业成就(即培养目标)。其次,毕业要求设计。根据培养目标确定学生毕业时应具备的知识、能力和素质(即毕业要求)。再次,课程体系设计。根据毕业要求(常常将其细化为指标点)确定课程体系。毕业要求实际上为毕业生构建了一个能力结构,而这个能力结构的实现依托于课程体系。

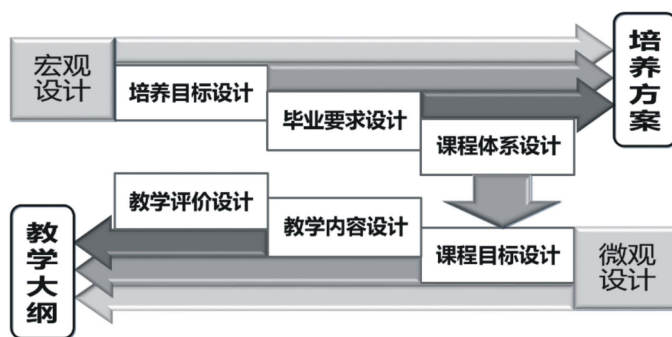


图 1 成果导向教学宏观与微观设计的逻辑关系

传统的课程教学设计(微观设计)是教材导向的,其逻辑起点是教材。教学内容由教材确定,课程教学目标(简称课程目标)由教学内容确定,教学评价的目的是考查学生对教学内容的掌握程度。教学靠教材,教师讲教材,学生学教材,考试考教材。离开了教材,老师不知道怎么教,学生不知道怎么学。

OBE 的课程教学设计是产出导向的(参见图 1),其逻辑起点是毕业要求,其毕业要求必须逐条地落实到每一门具体课程中,通过课程教学才能达成。以大连理工大学过程装备与控制工程专业为例,其毕业要求(以毕业要求 6 为例)及其指标点与具体课程的关联关系,如表 1 所示。

表 1 毕业要求 6 及其指标点与课程体系的关系

毕业要求	毕业要求指标点	支撑其达成的课程
6 工程与社会:能够基于工程相关背景知识进行合理分析,评价过程装备与控制工程专业领域的工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响,并理解应承担的责任。	6.1 了解过程装备在国民经济与社会发展中的地位与作用,熟悉过程装备与控制工程专业领域相关的技术标准、产业政策和法律法规 6.2 能够评价过程装备与控制领域的工程专业领域的工程实践和复杂工程问题的解决方案对社会、健康、安全、法律、文化的影响,并理解应承担的责任	思想道德修养与法律基础 过程装备与控制工程概论 工程伦理 环境保护与安全工程 过程设备设计课程设计 化工过程成套装置 工程训练 毕业设计 生产实习

因为每一条毕业要求(指标点)都有一组课程支撑其达成,支撑所有毕业要求达成的课程集合就构成了课程体系。毕业要求与课程体系之间的对应关系一般用矩阵形式表达,通常被称之为课程矩阵,如表 2 所示。

表 2 毕业要求指标点与课程对应关系(课程矩阵)

对应关系	毕业要求 1			毕业要求 2			
	指标点 1	指标点 2	指标点 3	指标点 1	指标点 2	指标点 3	指标点 1
课程 1	✓		✓		✓		
课程 2	✓	✓		✓		✓	
课程 3	✓		✓	✓			✓

课程矩阵清楚地给出了课程体系中各门课程对毕业要求的支撑关系,从而确定了每门课程的教学任务。同时,借助课程矩阵可以分析课程与课程之间的关系,明确各门课程知识点之间是互补、深化关系还是简单重复关系,从而为重组和优化课程教学内容提供依据。这正是毕业要求成为 OBE 课程教学设计逻辑起点的原因。OBE 的宏观教学设计的逻辑起点是内外需求,需求决定了培养目标(专业教育产出),再以此“产出”为导向进行反向设计,依次设计毕业要求与课程体系,最终形成专业培养方案。OBE 的微观教学设计(课程教学设计)的逻辑起点是毕业要求(指标点),毕业要求(指标点)决定了课程教学目标(课程教学产出),再以此“产出”为导向进行反向设计,依次设计教学内容与教学评价,最终形成教学大纲(参见图 1)。

应该特别强调的是,每一门课程的主讲教师应该深度参与培养方案的制定,特别是要深度参与课程矩阵设计。要明确自己主讲的课程支撑的毕业要求(指标点),以及在支撑该毕业要求(指标点)的一组课程中的贡献。据此,进行课程教学目标设计。

二、课程教学目标设计

课程教学目标的设计原则是:课程教学目标决定于毕业要求(指标点),必须支撑毕业要求(指标点)的达成。以大连理工大学过程装备与控制工程专业《压力容器设计》课程为例,说明如何设计课程教学目标。

该课程的课程教学目标如表 3 所示,该课程教学目标与专业毕业要求的对应关系如表 4 所示。课程教学目标的 6 种能力分别支撑 5 项毕业要求的达成。可见,通

过课程教学目标设计,使得《压力容器设计》课程的教学任务十分明确。

表 3 《压力容器设计》课程教学目标

序号	课程教学目标
1	知识应用能力:掌握压力容器设计的基本理论与基本方法,并能将其应用于解决压力容器以及过程装备与控制工程专业领域复杂工程问题
2	工程分析能力:能够应用数学、物理学以及工程力学的基本原理,分析压力容器的强度、刚度及稳定性
3	工程综合能力:能够针对压力容器的设计、制造与运行中涉及的复杂工程问题,提出合理的解决方案
4	工程设计能力:能够设计符合规范与工艺要求的压力容器及其附件,并能够在设计环节中体现创新意识,考虑安全、经济、社会、健康、法律、文化以及环境等因素
5	工程沟通能力:能够就压力容器相关的复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流
6	终身学习能力:能够跟踪压力容器技术前沿,不断更新相关知识结构、提升职业素养,适应压力容器行业职业发展

表 4 《压力容器设计》课程教学目标与专业毕业要求的对应关系

课程所支撑的毕业要求	课程教学目标					
	1	2	3	4	5	6
1. 工程知识:能够用数学、自然科学、工程基础、过程装备与控制工程专业知识解决现代过程装备领域的复杂工程问题	✓					
2. 问题分析:能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,识别、表达、并通过文献研究分析现代过程装备领域的复杂工程问题,以获得有效结论		✓				
3. 设计/开发解决方案:能够设计针对现代过程装备领域复杂工程问题的解决方案,设计满足特定需求的系统、单元(部件)或工艺,并能在设计环节体现创新意识,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素			✓	✓		
10. 沟通:能够就现代过程装备领域复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。并具备一定的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流					✓	
12. 终身学习:具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力						✓

课程教学目标设计经常出现的问题是:文不对题,无法支撑;匹配不当,无法达成;多重支撑,无法精准;等等。下面是某高校材料成型与控制工程专业《金属材料热处理》课程教学目标:

课程目标 1:掌握钢在加热时的转变、钢在冷却时的转变、钢在回火时的转变等热处理原理的基础知识,能够比较并解释在不同转变中组织和性能的变化;掌握退火、正火、淬火、回火、表面淬火和化学热处理等处理热加工工艺基本知识,能够选择和应用热加工工艺改善金属材料性能。

课程目标 2:掌握钢的分类及编号,掌握常见金属材料(包括碳素钢、合金钢、铸铁、有色金属等)的牌号、成分、组织、热处理、性能及用途等专业知识;能够根据工程和产品的特征选择合适的金属材料,并制定热处理工艺,解决材料加工过程中的复杂工程问题。

该课程教学目标与专业毕业要求(指标点)的对应关系,如表 5 所示,这是一个典型的“文不对题、无法支撑”的例子。也就是说,课程教学目标与所支撑的毕业要求(指标点)关系不大,前者对后者起不到支撑作用。毕业要求 2(问题分析)的指标点 2.2 的核心要素是“分析并表达复杂工程问题”,而支撑该指标点的课程教学目标 1 的核心要素是“掌握知识”“比较并解释组织和性能变化”和“选择和应用热处理工艺”,二者之间不存在直接联系。毕业要求 4(研究)的指标点 4.4 的核心要素是“选择研究路线”和“设计实验方案”,而支撑该指标点的课程教学目标 2 的核心要素是“掌握知识”“选择金属材料”“制定热处理工艺”和“解决复杂工程问题”,二者之间也不存在直接联系。这样的课程教学目标是无法支撑毕业要求(指标点)的达成的。造成这种情况的主要原因是,教师没有实质参与培养方案的制定,没有真正了解专业毕业要求赋予该门课程的教学任务。

表 5 《金属材料热处理》课程教学目标与毕业要求(指标点)的对应关系

毕业要求	毕业要求指标点	课程教学目标	
		1	2
2. 问题分析	2.2 能够对材料成型及控制工程领域的复杂工程问题进行分析并表达	H	
4. 研究	4.4 能够根据工程和产品的特征,选择可行的研究路线,设计合理的实验方案		H

注:表中 H 表示该项课程教学目标与毕业要求指标点之间是强支撑关系。

一些“匹配不当、无法达成”的例子如下:

(1)某高校机械设计制造及其自动化专业《高等数学》课程教学目标 2 为:“能够对机械工程领域的复杂工程问题建立数学模型,并基于模型进行推理与求解。”

(2)某高校土木工程专业《大学物理》课程教学目标 3 为:“能够针对土木工程专业领域的复杂工程问题设计实验,有效采集实验数据。”

(3)某高校计算机专业《程序设计》课程教学目标 3 为:“能够针对计算机应用领域复杂工程问题的处理过程设计处理程序。”

(4)某高校计算机专业《离散数学》课程教学目标 1 为:“能应用离散数学知识识别与分析复杂系统关键问题,并能证明其正确性。”

以上几种情况都是课程教学任务与课程性质不匹配。他们都是基础类课程(基础课或专业基础课),而他们的教学任务却是应用基础或专业基础知识处理专业问题,针对专业问题建立模型、设计实验、设计程序、分析问题等。这些课程只能让学生掌握处理这些专业问题的知识、方法和工具,但不可能让学生处理这些问题,因为学生尚未接触专业课,对专业问题缺乏认识。处理这些问题,应该是后续专业课的任务。显然,这样的教学任务这些课程是无法实现的。造成这种情况的主要原因是,在课程矩阵设计时,没有处理好基础类课程与专业类课程的关系,将本应二者同时承担的教学任务由基础类课程单独承担了,导致课程教学目标无法达成。

课程教学目标对毕业要求(指标点)“多重支撑、无法精准”也是课程教学目标设计中的常见问题,表 6 是一个典型示例。表 6 的横向,反映一个毕业要求指标点由多

项课程教学目标支撑,各项课程教学目标的贡献度由相应的权重系数表示。毕业要求指标点的达成度,由各项课程教学目标达成度的加权平均算得。如果课程教学目标1、2、3、4和6的达成度分别为0.76、0.80、0.74、0.85和0.78,则毕业要求指标点1的达成度为: $0.76 \times 0.2 + 0.80 \times 0.1 + 0.74 \times 0.3 + 0.85 \times 0.2 + 0.78 \times 0.2 = 0.78$ 。再看表6的纵向,就出现了问题。例如,课程教学目标2支撑了4个毕业要求指标点的达成,相应的权重系数之和并不等于1。造成这种情况的主要原因,要么是指标点内涵不清且重复,要么是课程教学目标太宏观、不够精准。

表6 课程教学目标多重支撑毕业要求(指标点)的情况

毕业要求 指标点	课程 目标 1	课程 目标 2	课程 目标 3	课程 目标 4	课程 目标 5	课程 目标 6
指标点 1	0.2	0.1	0.3	0.2		0.2
指标点 2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2
指标点 3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	
指标点 4		0.1	0.1	0.2	0.3	0.3

三、课程教学内容设计

课程教学目标确定后,就要确定教什么、怎么教才能达成课程教学目标。课程教学内容设计的要点是:课程教学内容要能支撑课程教学目标的达成,课程教学内容要与教学方式相适应。仍以大连理工大学过程装备与控制工程专业《压力容器设计》课程为例,说明如何进行课程教学内容设计。

为达成表3所示的课程教学目标,教学内容与教学方式要一并进行设计。课程教学目标1-4可以通过讲授的方式实现,而课程教学目标5和6需要采用专题研究和小组自学的训练方式实现。为了更好地支撑课程教学目标3的达成,设计了专家授课主题:由从事压力容器设计、制造、运行维护和技术开发的一线知名专家进课堂进行讲授,他们带来了前沿知识和技术,同时也带来了典型案例,将课堂和生产实际结合在一起。为了更好地支撑课程教学目标5的达成,设计了专题研究主题:通过规定主题的专题研究,培养学生独立完成研究任务的能力、文献查阅与文献综述的能力、应用所学知识对复杂工程问题进行分析并获得结论的能力、敢于质疑和挑战他人学术观点的能力、撰写研究报告的能力、利用PPT等工具报告自己的研究成果并捍卫自己的学术观点的能力等。共设计了10个专题,每个专题研究小组不超过10名学生,每名学生研究一个专题,用抽签的方式决定每名学生研究的专题;每小组的研讨时间为2学时,每名学生用PPT做口头研究报告5分钟,同学质询3分钟,必要时老师作适当引导;每名学生提交不少于3000字的书面研究报告1份。从专题研究的口头报告、书面报告和参与研讨情况三方面进行成绩评定。

为了更好地支撑课程教学目标6的达成,设计了小组自学主题:通过规定内容的小组自学,培养学生独立完成学生任务的能力、搜集和利用学习资源的能力、口头表达与交流的能力和质疑与批判性思维的能力等。教师将授课内容做成提纲性的

PPT,事先展示给学生让学生自学;上课时每名学生根据自制 PPT 讲解(5 分钟)其中的一个知识点,其他学生参与质疑和讨论(3 分钟);每小组学生(不超过 10 人)推选一名组长,由组长分配讲解任务并担任课程主持;老师参与质疑和提问,并作适当引导。从对知识理解程度、学习深度与广度以及讨论参与度三方面进行成绩评定。

四、课程教学评价设计

OBE 有“两条线”:一条是面向产出教学的“主线”,另一条是面向产出评价的“底线”,如图 2 所示。

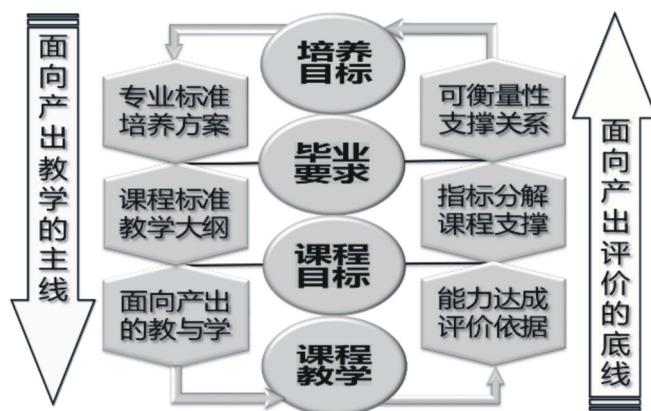


图 2 OBE 的“主线”与“底线”

图 2 左侧自上而下,反映了面向产出教学的“主线”:由培养目标(专业教育产出)决定毕业要求(学生学习产出),从而形成了专业质量标准 and 培养方案;由毕业要求(学生学习产出)决定课程教学目标(课程教学产出),从而形成了课程教学标准和教学大纲;由课程教学目标(课程教学产出)决定课程教学过程(教什么、学什么,怎么教、怎么学),从而形成了面向产出的教与学。图 2 右侧自下而上,反映了面向产出评价的“底线”:由面向产出的课程教学目标评价判断课程教学目标的达成情况,从而判断预期学生能力的达成情况和评价依据的合理性;由面向产出的毕业要求评价判断毕业要求的达成情况,从而判断毕业要求指标点分解及其支撑课程设计的合理性;由面向产出的培养目标评价判断培养目标的达成情况,从而判断培养目标的可衡量性以及毕业要求与培养目标支撑关系的合理性。OBE 要抓住“主线”,守住“底线”。

面向产出评价的“底线”的逻辑起点是面向产出的课程教学评价,它是“底线”的底线。面向产出的课程教学目标评价与面向产出的毕业要求评价之间的关系为:由面向产出的课程教学目标评价,确定每一门课程的教学目标的达成度;由支撑某一毕业要求指标点的一组课程教学目标达成度的加权平均,确定出该项毕业要求指标点的达成度;取毕业要求指标点达成度的最小值,作为该项毕业要求的达成度。

面向产出的课程教学目标评价实质上是面向课程教学目标的课程教学评价,评

价的目的是判断课程教学目标的达成情况而不是教学内容的掌握情况。这就需要对每一项课程教学目标的达成情况进行直接和间接的评价。直接评价(例如考试)课程教学目标 a 的达成度可用下式计算:

$$\text{课程教学目标 } a \text{ 的达成度} = \frac{\text{参加考试的学生与课程教学目标 } a \text{ 相关试题得分平均值的总和}}{\text{与课程教学目标 } a \text{ 相关所有试题赋分的总和}} \quad (1)$$

如果课程教学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%,则课程教学目标 a 的达成度可用如下计算式:

$$\text{课程教学目标 } a \text{ 的达成度} = 0.6X_1 + 0.2X_2 + 0.2X_3 \quad (2)$$

式(2)中: X_1 为考试评价课程教学目标 a 的达成度,由式(1)计算; X_2 为课程设计评价课程教学目标 a 的达成度, $X_2 = (\text{参与课程设计的学生相应于课程教学目标 } a \text{ 的平均分} / \text{课程设计中相应于课程教学目标 } a \text{ 的总分})$; X_3 为课程作业评价课程教学目标 a 的达成度, $X_3 = (\text{参与课程作业评价的学生相应于课程教学目标 } a \text{ 的平均分} / \text{课程作业相应于课程教学目标 } a \text{ 的总分})$ 。

面向产出的课程教学评价设计,就是要确定每一项课程教学目标的评价内容与评价方式。作为示例,表 7 给出了大连理工大学过程装备与控制工程专业《压力容器设计》课程教学评价部分设计结果。

表 7 《压力容器设计》课程面向产出的教学评价设计示例

课程教学目标	评价内容	评价依据及				成绩比例 /%
		课程考试	小组自学	专题研究	作业	
1. 知识应用能力:掌握压力容器设计的基本理论与基本方法,并能将其应用于解决压力容器以及过程装备与控制工程专业领域复杂工程问题	(1) 无力矩理论、薄膜应力、圆筒、封头应力计算 (2) 法兰密封原理 (3) 外压力容器临界稳定性 (4) 压力容器分析设计应力分类及强度评定	15			3	18
2. 工程分析能力:能够应用数学、物理学以及工程力学的基本原理,分析压力容器的强度、刚度及稳定性	(1) 压力容器类型、结构与运行 (2) 压力容器设计规范 (3) 压力容器设计方法 (4) 压力容器设计选材		10	5		15

参考文献

- [1] International Engineering Alliance. Graduate Attributes and Professional Competencies[EB/OL]. Version 3; 21 June 2013. [2020-03-28]. <http://www.ieagreements.org>.
- [2] 李志义. 中国工程教育专业认证的“最后一公里”[J]. 高教发展与评估, 2020(3): 1-13.
- [3] 李志义. 成果导向的教学设计[J]. 中国大学教学, 2015(3): 32-39.

(编辑: 荣翠红)

Outcome-based Education: Theoretical Origin, Development and Application

ZHOU Xianpeng, YU Jiajun, HUANG Cuiping

Page 83

Abstract: Outcome-based education is the product of educational reform in the 20th century in the United States, which is deeply influenced by utilitarianism and pragmatism. In the transition of higher education, quality accountability and international talent flow have promoted the process of outcome-based education promotion from the outside. The impact of constructivist learning theory on the traditional teaching mode has promoted the gradual transition of outcome-based education from the requirement of external accountability to the necessity of university's own reform. Constructive alignment points out a way for the practice of outcome-based education in higher education: on the one hand, it pays attention to the expected learning outcomes, the effectiveness of education, and the alignment of teaching, learning and assessment; on the other hand, it pays attention to students' active construction, thinking formation and innovative spirit.

Key words: outcome-based education; teaching reform; teaching evaluation; teaching mode; innovative spirit

Course Teaching Design of Outcome-based Education

LI Zhiyi, WANG Zewu

Page 91

Abstract: The course teaching design of outcome-based education is the “bridgehead” for the “last kilometer” of outcome-based education into the classroom. In this paper, the logical relationship between macro- and micro-design of outcome-based teaching is discussed, and the logical starting point of course teaching design is analyzed. The design principle of the course teaching goal is put forward, and the examples are given to illustrate the design of course teaching goal according to this principle. The main points of the course teaching content design are put forward, and how to design the course teaching content according to these points is illustrated with examples. It is proposed that there are “two lines” in outcome-based education: the main line of output-based teaching and the bottom line of output-based evaluation. The relationship between output-based course teaching goal evaluation and output-based graduation requirement evaluation: the output-based course teaching goal evaluation determines the achievement of the teaching goal of each course; a weighted average of the degree of achievement of a set of course teaching objectives supporting a certain graduation requirement index point is used to determine the degree of achievement of the graduation requirement index point; the minimum value of the graduation requirement index points is taken as the degree of achievement of the graduation requirement.

Key words: outcome-based education; engineering education certification; course teaching design