Advances in Education 教育进展, 2018, 8(6), 649-659
Published Online November 2018 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2018.86105

Construction of the OBE-Based Evaluation System of the Achievement of Graduation Attributes

—A Case Study of Safety Engineering

Hui Liu, Kai Zhu, Xinqun Wang, Yongliang Chen, Xiaoyao Qian

College of Quality and Safety Engineering, China Jiliang University, Hangzhou Zhejiang
Email: liuhui2003@126.com

Received: Nov. 5th, 2018; accepted: Nov. 16th, 2018; published: Nov. 23rd, 2018

Abstract

In order to carry out the Engineering education accreditation effectively and evaluate the degree of achievement of professional graduation attributes scientifically and reasonably, this paper puts forward the idea of constructing the degree of achievement evaluation system of graduation requirements based on the concept of OBE. This paper elaborates on the core concept of OBE for graduation attributes achievement evaluation system design from several aspects, such as the relationship between training objectives and graduation requirements, the characteristics of students learning outcomes, the construction principle of evaluation system, the construction procedure and the implementation of evaluation organization. Research results show that a complete evaluation system of the achievement of graduation attributes is not only the evaluation itself, but also includes the process of determining graduation attributes and decomposing them, setting up teaching links, designing teaching activities, developing evaluation plans, selecting evaluation methods, implementing evaluation processes, analyzing evaluation results, and using the results for continual improvement.

Keywords

Safety Engineering, Graduation Attributes, Achievement Degree, Evaluation System, OBE

基于OBE理念的毕业要求达成度评价体系构建

—以安全工程专业为例

刘　辉，朱　凯，王信群，陈永良，钱晓耀

中国计量大学，质量与安全工程学院，浙江　杭州

文章引用: 刘辉, 朱凯, 王信群, 陈永良, 钱晓耀. 基于 OBE 理念的毕业要求达成度评价体系构建[J]. 教育进展, 2018, 8(6): 649-659. DOI: 10.12677/ae.2018.86105

Email: liuhui2003@126.com

收稿日期：2018年11月5日；录用日期：2018年11月16日；发布日期：2018年11月23日

摘　要

为了有效开展工程教育认证工作，对专业毕业要求达成度进行科学、合理评价，本文提出了基于OBE理念的毕业要求达成度评价体系构建思路。从培养目标与毕业要求的关系、学生学习成果特征、评价体系构建原则、构建程序以及评价组织实施几个方面详细论述了毕业要求达成度评价体系设计的OBE核心理念。研究表明，完整的毕业要求达成度评价体系不仅是评价环节本身，还包括确定毕业要求并对其进行分解、设置教学环节支撑、设计教学活动、制定评价计划、选择评价方法、实施评价过程、分析评价结果并将结果用于持续改进等过程。并以安全工程专业为例，阐述了毕业要求达成度评价体系具体实施过程。

关键词

安全工程，毕业要求，达成度，评价体系，OBE理念

1. 引言

成果导向教育(Outcome-Based Education，简称 OBE，也称能力导向教育、目标导向教育或需求导向教育)，最早由美国学者 William G. Spady (1981)提出[1]，作为一种先进的教育理念，很快得到了学界和业界的重视与认可，并已成为美国、英国、加拿大及澳大利亚等国家工程教育改革的主流理念。该理念的核心是以学生的学习成果(Learning Outcomes，也叫产出)为导向进行教学设计和教学实施，但该“成果”并不局限于学生的考试分数，而更强调学生在最终学习过程后证明自己真正具备的能力，主要涉及四大问题[2]：想让学生取得的学习成果是什么？为何要让学生取得这样的成果？如何有效地帮助学生取得这些学习成果？如何知道学生已经取得了这些学习成果？其中如何量化地度量学生学习的成果，或者说如何量化地评价学生学习后的成果，是构建这个评价体系的核心，也是关键[3]。因此，William G. Spady (1994)强调，OBE 是高品质教育的关键，是一种为教育系统所关注、界定每一个学生所达成的最终学习成果的教育[4]，也是一种依据学生预期达成的最终学习成果反向设计培养和评价体系的教育模式。

《华盛顿协议》、《悉尼协议》和《都柏林协议》三大国际工程教育认证协议均全面接受了 OBE 理念，将其纳入工程技术人才的培养体系。三者均面向工程人才的培养，但在解决问题与工程活动范畴、知识与毕业素质要求以及职业能力要求上有深度和广度等方面的差别。其中《华盛顿协议》主要面向本科生培养，将 OBE 理念贯穿于工程教育认证标准的始终，是工程教育本科专业认证的国际互认协议，1989 年由美国、英国、加拿大、爱尔兰、澳大利亚、新西兰 6 个国家的工程专业团体发起成立，旨在通过工程教育本科专业认证保证工程教育质量，为工程教育国际互认和工程师资格国际互认奠定基础[5]。

我国的工程教育认证工作开始于 2006 年，是我国工程师制度改革工作的基础和重要组成部分。2016

年 6 月，我国正式加入《华盛顿协议》，标志着我国工程教育迈上新台阶。工程教育认证以 OBE 为核心理念，在学生、培养目标、毕业要求、持续改进、课程体系、师资队伍和支持条件 7 个方面有明确的标准和具体要求。其中“毕业要求”作为培养目标达成的重要支撑，与持续改进、课程体系以及师资队伍等方面密切相关[6]。毕业要求达成度评价是衡量学生学习成果的重要手段，是培养目标优化、学生能力培养、课程体系设计以及师资队伍建设等专业建设与发展工作持续改进的主要依据。因此，以 OBE 理念为导向构建合理、有效的评价体系，既可保证有序开展评价、科学体现评价结果并用于持续改进，也是工程教育认证过程的一个重要组成部分。

2. 基于 OBE 理念的毕业要求制定

2.1. 反映内外需求的培养目标

专业培养目标是对学生在毕业后五年左右时间内能够达到的职业和专业成就的总体描述。OBE 理念要求培养目标的制定从“需求”开始。相关教学设计过程如图 1 所示。

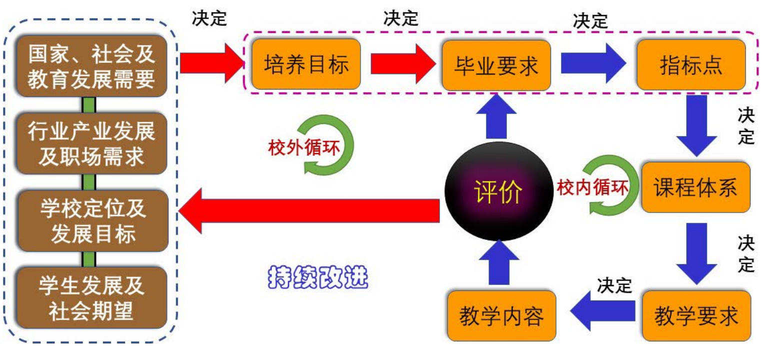

Figure 1. OBE-based instructional design process
图 1. 基于 OBE 的教学设计流程

从图 1 看到，制定专业培养目标必须满足内外部需求。其中，内部需求取决于教育教学规律、学校办学思想与办学定位(包括人才培养定位)以及教学等主体的需要；外部需求包括以国家、社会、行业、用人单位等为主体的需求。对于外部需求而言，国家与社会需求是制定学校层面人才培养定位与目标的根本依据，表达了宏观层面的需求；行业和用人单位需求是制定专业人才培养定位与目标的主要依据，也是构建专业教育知识、能力和素质结构的重要依据，表达了微观层面的需求。在确定人才培养的目标时，应该依据当前需求与长远需求相协调、多样性需求与学校办学定位相匹配、多样性需求与人才培养定位相匹配等原则。OBE 理念反映了从需求开始，由需求决定培养目标，内外需求是确定培养目标的依据，培养目标的制定要与内外需求相适应。

2.2. 反映学生学习成果特征的毕业要求

《工程教育认证通用标准》要求专业必须有明确、公开、可衡量的毕业要求，毕业要求应能支撑培养目标的达成。专业制定的毕业要求应完全覆盖工程知识、问题分析等 12 项内容。毕业要求应反映的学生学习成果特征主要体现在三个方面[7]：

1) 学生能做什么：反映的是学生专业知识、技术水平和学以致用的能力；
2) 学生该做什么：反映的是学生的工程伦理、价值取向、社会责任感和人文素养；
3) 学生会做什么：反映的是学生应具备的综合素质(专业素质和道德素质)和职业发展能力。

其与工程教育专业认证通用标准毕业要求对应关系如表 1 所示。

Table 1. Correspondence between graduation attributes of general standard and student learning outcomes
表 1. 通用标准毕业要求与学生学习成果特征对应关系

毕业要求	专业认证通用标准											
	工程知识	问题分析	设计/开发解决方案	研究	使用现代工具	工程与社会	环境和可持续发展	职业规范	个人和团队	沟通	项目管理	终身学习
成果特征(1)												
成果特征(2)												
成果特征(3)												

因此，在制订毕业要求时，明确本专业所需培养的工程技术人才的社会需求及相应的能力特征，充分支撑专业培养目标，在实质等效前提下覆盖工程教育专业认证通用标准 12 条毕业要求，并能明确各项能力的指向是解决“复杂工程问题”，而非一般性问题，能够体现学生具备解决“复杂工程问题”的能力特征。同时，进一步明确非技术性指标(如沟通能力、团队合作、工程职业道德等)的具体要求和素质特征。

3. 基于 OBE 理念的毕业要求评价体系设计

3.1. 达成度评价体系构建原则

从毕业要求达成度评价的目的、范畴及选择的方法论述可知，评价的核心是量化学生学习的成果，而学生的成果主要由毕业要求的达成情况来表征，毕业要求又细化到各个指标点。显然，毕业要求达成度评价体系应根据学生培养目标，紧紧围绕毕业要求科学细化指标点及相应的支撑教学环节构建。

3.1.1. 以生为本

工程教育认证的核心理念是 Outcome-Based Education，Student-Centered 和 Continuous Quality Insurance。因此，基于 OBE 理念的毕业要求达成度评价体系设计必须以专业学生“毕业要求”作为评价体系构建的基础。《工程教育认证通用标准》提出了工程知识、问题分析等 12 条具体要求，并针对安全工程专业“补充标准”提出了课程设置、时间环节以及毕业设计(论文)提出了补充要求，要求课程体系支撑专业毕业要求。

3.1.2. 可衡量与导向性

在明确毕业要求基础上，需要细化学生成果评价指标，亦即学生能力特征指标，这就需要对毕业要求做进一步分解成具体指标点。分解的指标点要求具有可衡量性，可以对教师的教学活动效果以及学生的参与过程和获得的成果进行检测、考核和评价。同时，指标点要求具有导向性，能够让教师明确教学目标，引导教师如何教、如何检验和评价教学活动；明确学生的期望，并指导学生如何去达到期望。

3.1.3. 科学系统

评价指标科学合理是保证评价结果准确的前提，而评价指标的系统性是确保评价体系完整、平衡的基础。专业毕业要求达成度评价体系的构建须在“通用标准”毕业要求框架内协调评价体系中各要素及其指标点与相应支撑课程的相互关系。同时，根据指标的不同特征，将定性、定量的评价模式相结合，在保证科学系统的情况下确保评价结果真实、客观，能够有效反映本专业的工程教育人才培养质量。

3.2. 达成度评价体系构建程序

首先，根据国家和社会需要和学校办学定位等“内外需求”，确定专业的人才培养目标；其次，依

据专业培养目标和专业特色及工程教育认证标准要求，确定本专业相应的毕业要求，并把每项毕业要求根据相应原则分解为若干具体的指标点；最后，根据具体指标点明确相应的支撑课程及其所占的权重值，以实现定量评价，从而构成一个由上到下、内嵌循环的毕业要求达成度评价体系。在整个体系的构建过程中，定量评价的实现基于毕业要求指标点相关课程体系的确定、每一项毕业要求与对应课程的支撑关系以及每门课程所占权重的确定[8]。简化的毕业要求达成度评价体系构建过程如图2所示。从图2中可以明确，整个评价涉及的群体应该包括学生、教师、毕业生、用人单位以及相关社会评价组织。

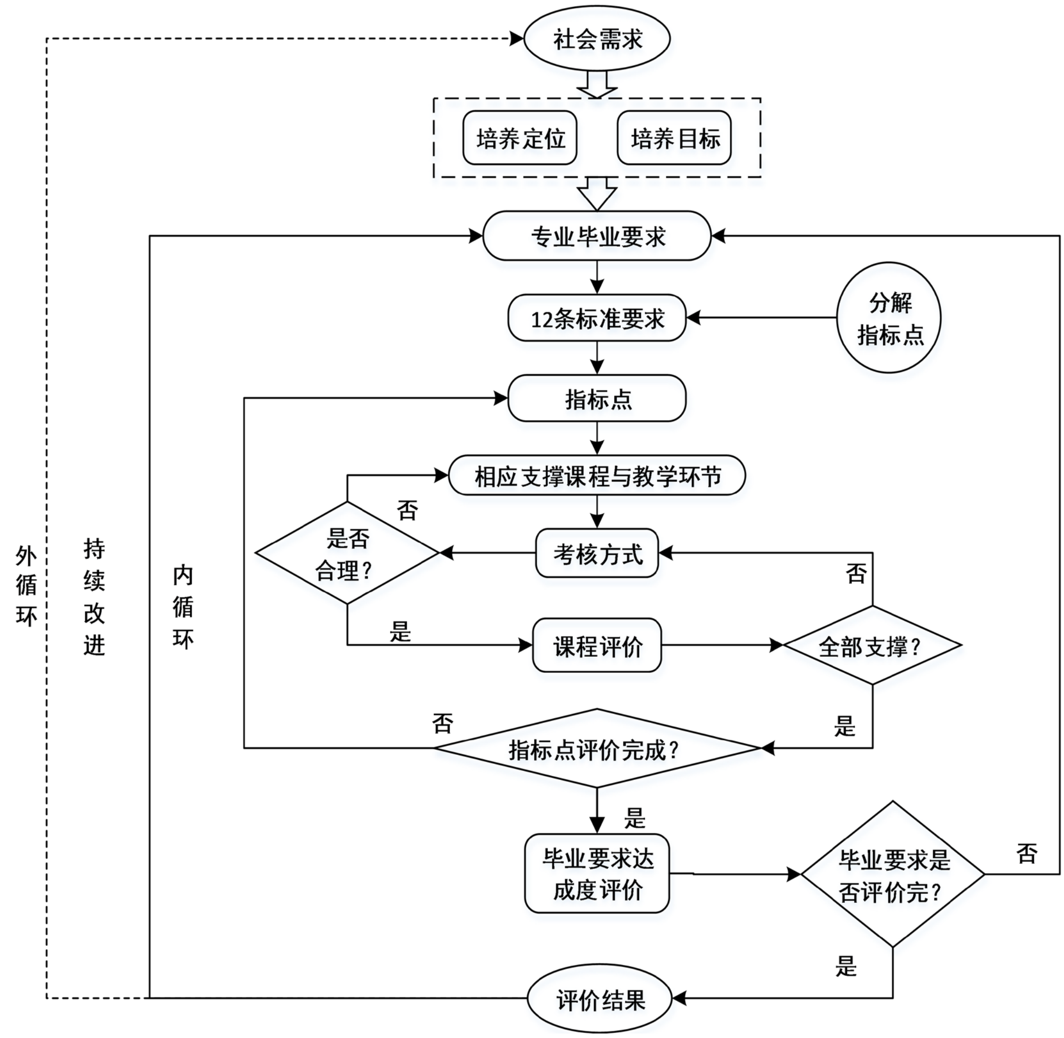

Figure 2. Construction procedure of graduation attributes achievement degree evaluation system
图 2. 毕业要求达成度评价体系构建程序

4. 毕业要求达成度评价组织实施

4.1. 达成度评价目的

开展毕业要求达成度评价的根本目的，是将毕业要求落实到每个教学活动(如课程授课、实习指导等)和相应指导老师，通过系统、形成性和合理的评价，为专业教育和专业改革与发展提供持续改进的依据，最终保证专业毕业要求的达成。整个过程涉及教师、学生和评价工作机制。具体如下[9]：

1) 明晰学生学习要求。开展毕业要求达成度评价，有利于学生明晰自己毕业时应达到的毕业要求，通过哪些教学环节可以获取相应的知识、能力和素养，理解并积极配合教师实施的教学活动和考核内容与方式。

2) 明确教师的责任。明确教学活动中教师应该承担的责任，通过评价推动教师落实责任，明晰各自应当承担的毕业要求培养任务，围绕任务实施教学活动，并采取合理的考核方式和达成度评价方法获取学生各项能力达成与否的评价数据和结果，以便持续改进。

3) 专业持续改进。有利于进一步明晰专业的培养目标和毕业要求，以及掌握毕业要求的达成情况，并根据评价数据和结果，持续改进各项工作。

4) 认证工作的自身需要。通过评价证明达成，是专业参加认证的基本工作模式，也是《华盛顿协议》对各签约组织认证体系的要求和认证结果互认的基础。

4.2. 达成度评价方法选择

评价过程包括数据收集和分析、比较与综合等环节。涉及的评价方法主要分直接评价和间接评价两类，其中直接评价一般通过观察或检验成效评价毕业要求及分解指标点的达成情况，包括学习成果、考试成绩、课堂表现、作业和报告等；间接评价一般多为意见调查或自我陈述，包括访谈、问卷调查等方式，通过设置调查问卷，调查统计对毕业生表现和各项毕业要求核心能力的认同程度，并进行分析。

4.3. 达成标准设置

按照专业认证标准要求，形成“毕业要求达成度评价表”和“课程达成度评价表”等记录文档，并分别设定直接评价合格标准和间接评价合格标准，根据评价分值，确定评价结果。

4.4. 达成度评价组织实施

如何量化评价学生学习的成果，是构建毕业要求评价体系的核心与关键。《工程教育认证通用标准》要求专业建立毕业要求达成情况评价机制，定期开展毕业要求达成情况评价，亦即毕业要求达成度评价。毕业要求达成度评价是指由所有老师和管理人员通过不同的评估方法评估自己负责的毕业要求达成情况，由专业经过对所有评估数据的分析、比较和综合，得出毕业要求达成情况。完整的毕业要求达成度评价不仅仅是单纯的评价环节本身，还包括确定毕业要求并对其进行分解指标点、设置教学环节支撑、围绕毕业要求实施教学活动、制定评价计划、选择评价方法、实施评价过程、分析评价结果并将结果用于持续改进等过程[9]。

5. 毕业要求达成度评价实践

以我校安全工程专业为例，讨论毕业要求达成度评价体系的实施。我校安全工程于 2011 年首次通过工程教育专业认证，并于 2014 年和 2017 年分别完成第二轮和第三轮考查。专业以“专业认证”为抓手，经过近 8 年的凝练，已形成培养“宽口径，重实践，融质检，懂安监”的专门人才的办学特色，将检测技术和安全科学理论相互渗透、注重检测技术与安全技术的有机融合，在侧重特种设备安全的方向下，构建大安全课程体系，覆盖化工、建筑及职业卫生等领域。既注重不同行业安全管理和技术的通用性，又区分不同领域的安全知识差异，充分适应社会需求。

5.1. 培养目标及毕业要求确定

结合社会对安全工程专业人才知识结构的需要和学校定位，确定了安全工程专业的培养目标，可以论述为 4 个方面：

培养目标 1：能够应用自然科学、工程基础知识和安全科学与技术、安全管理和职业卫生的专业知识解决安全工程领域的复杂工程问题，设计、开发满足安全需求的系统、单元(部件)、工艺流程和管理方法。

培养目标 2：具备终身学习的能力，跟踪掌握本专业新理论和科技发展潮流，在解决安全工程领域的复杂工程问题中选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。

培养目标 3：具有良好的沟通和合作能力，能够就安全工程领域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，并能在多学科背景下的团队中发挥作用。

培养目标 4：具有良好的人文社会科学素养、社会责任感和工程职业道德，在工程设计与实施中能够综合考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素，遵守工程职业道德和规范，履行责任。

经学院教学委员会同专业责任教授、专业负责人及相关专家等，以工程教育专业认证标准为基础，构建了 12 条本专业毕业要求，与标准 12 条通用毕业要求全面对接。培养目标与毕业要求的支撑关系矩阵如表 2 所示。

Table 2. Supporting relationship between graduation attributes and training objectives
表 2. 专业毕业要求与培养目标的支撑关系

毕业要求	培养目标 1	培养目标 2	培养目标 3	培养目标 4
毕业要求 1	√			
毕业要求 2	√			
毕业要求 3	√			
毕业要求 4	√			
毕业要求 5	√	√		
毕业要求 6				√
毕业要求 7				√
毕业要求 8				√
毕业要求 9			√	
毕业要求 10			√	
毕业要求 11			√	
毕业要求 12		√		

5.2. 毕业要求分解

根据达成度评价体系构建原则，把每项毕业要求分解为 3~4 个指标点，并列出支撑每条指标点的课程(考核环节)，对每门课程(考核环节)的支撑强度赋值，支撑权重值之和为 1。以毕业要求 5 为例：

毕业要求 5：“使用现代工具：能够针对安全工程领域复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性”。指标点分解时，充分考虑科学系统的原则，并要求分解的指标点可测量和具有导向性，能够引导师生聚焦使用现代工具来协助解决复杂工程问题的教与学。通过提炼“现代工具”、“预测与模拟”以及“局限性”等关键词，分列出 4 个指标点：

指标点 1：能够使用信息检索工具获取解决工程问题的相关信息；

指标点 2：能够选用工程软件和安全工程领域的相关软件进行设计、预测、模拟和分析复杂工程问题；

指标点 3：能够运用现代检测工具、安全工程领域的工程工具，进行检测及数据获取；

指标点 4：能够对预测和模拟的结果进行分析、优化，并理解使用工具的局限性。

5.3. 课程体系设置

通用标准指出：“课程设置能支持毕业要求的达成，课程体系设计有企业或行业专家参与”。同时，对与本专业毕业要求相适应的的数学与自然科学类、工程基础类和专业基础类等类别的课程学分比例有明确的要求。结合我校人才培养定位及安全工程专业办学特色，构建了包含公共基础、学科基础、专业教育、集中实践和课外实践等五大模块的课程体系。根据课程类别、课程性质及授课内容，确定各课程与每项毕业要求指标点的对应关系，所有必修课程能够与毕业要求形成支撑，并要求课程教学大纲和考核内容上均能反映出支撑关系。部分课程与毕业要求关联度矩阵如表 3 所示。表中 H、M、L 表示该门课程对毕业要求某项指标点的支撑强度分别为高、中、低关系。

Table 3. Relevance matrix of partial course and graduation attributes
表 3. 部分课程与毕业要求关联度矩阵

课程 毕业要求	毕业要求 1			毕业要求 2				……	毕业要求 12		
	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 4	……	指标点 1	指标点 2	指标点 3
高等数学	H			H				……			
线性代数	H			H				……			
大学物理	H			H				……			
工程图学		H						……			
热工基础		H						……			
安全系统工程			H	H	M						
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
社会实践								……		M	M
毕业设计			M		H	H	H	……		H	H

5.4. 达成度评价计算

依据对学生的考核结果(包括试卷、大作业、报告、日常考勤、讨论或答辩表现等)，进行课程对某条毕业要求指标点的达成度评价。课程对应毕业要求指标点达成度的评价值计算方法：

评价分值 = 权重 × (试题得分/试题总分)；

或者，评价分值 = 权重 × (课程得分/课程总分)。

如《毕业设计》对毕业要求 10 的指标点 10-3“能够清晰表述技术内容，并能正确答辩或解答提出的问题”达成的权重为 0.4。根据我校安全工程专业毕业设计各环节分值，毕业设计总成绩为 100 分，其中论文答辩满分 50 分，要求学生具有较好的表达能力。各环节分数分布见表 4。

Table 4. Every link score of graduation design
表 4. 毕业设计各环节分值

环节	开题环节		验收环节			答辩环节					毕业设计成绩
	开题报告	文献综述	指导教师评阅	评阅教师评语	论文成果验收	学术水平与实际动手能力	综合应用基本理论与基本技能的能力	翻译、外语表达能力	文字表述与图表质量	规范要求	
分值	10 分	10 分	10 分	10 分	10 分	10 分	10 分	10 分	10	10	100 分

随机抽取 2014 年(2010 级)我校安全工程专业学生毕业设计，统计其论文答辩成绩，平均值为 43.3。

因此《毕业设计》对毕业要求 10 的指标点 3“能够清晰表述技术内容，并能正确答辩或解答提出的问题”达成度的评价值为：

10-3(毕业设计)评价值 = 0.4 × (43.3/50) = 0.348

以我校 2016 届安全工程专业学生毕业要求 5 为例，对毕业要求达成度进行计算，评价周期为 2 年，课程评价结果取各年级最小值，指标点评价结果取各指标点最小值。本专业毕业要求 5 评价结果见表 5，其达成度雷达效果图见图 2。由表 5 和图 3 可知，毕业要求 5 各指标点评价值最小值为 0.794，达成度评价结果取 0.794，高于本专业设置的毕业要求达成标准值 0.7，因此毕业要求 5 达成。

Table 5. Achievement degree evaluation results of the fifth graduation attribute
表 5. 毕业要求 5 达成度评价结果

毕业要求	指标点	支撑课程	权重值	课程评价值	指标点评价值	评价结果
毕业要求 5——使用现代工具：能够针对安全工程领域复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。	指标点 1	毕业设计	0.45	0.358	0.825	0.794
		安全工程课程设计	0.25	0.214		
		大学计算机应用基础	0.3	0.253		
	指标点 2	毕业设计	0.25	0.199	0.803	
		微机原理及其应用	0.35	0.295		
		AUTOCAD 技术	0.15	0.128		
		Matlab 程序设计与应用	0.25	0.181		
	指标点 3	检测技术	0.35	0.283	0.794	
		特种设备安全检测与评定	0.25	0.199		
		噪声与振动控制技术	0.2	0.164		
		安全人机工程	0.2	0.148		
	指标点 4	安全工程课程设计	0.3	0.257	0.817	
		检测技术课程设计	0.3	0.242		
		毕业设计	0.4	0.318		

同理可以计算出其他毕业要求的达成度评价结果，具体达成情况如图 4 所示。

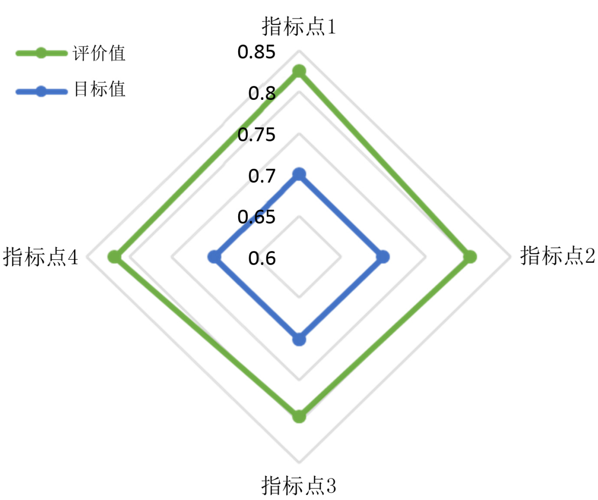

Figure.3. Achieved situation of the fifth graduation attribute
图 3. 毕业要求 5 达成情况

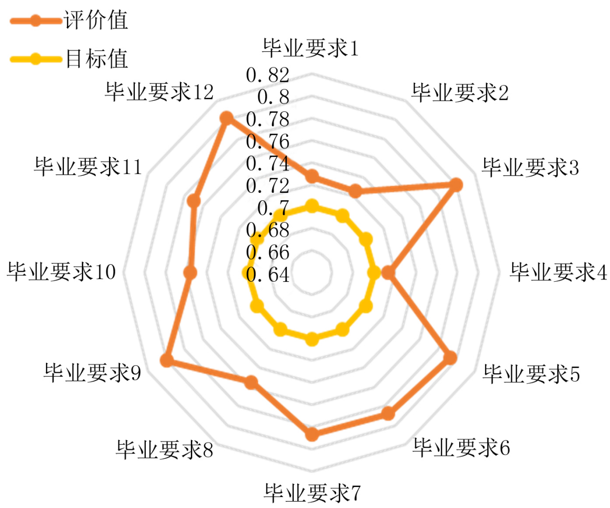

Figure.4. Achieved situation of total graduation attributes
图 4. 整体毕业要求达成情况

6. 结语

本文基于 OBE 理念，探讨了毕业要求达成度评价体系的构建，并以安全工程专业为例，论述了毕业要求指标点的达成评价过程。主要工作包括以下几方面：

1) 构建科学、合理的专业毕业要求达成度评价体系是工程教育认证的重要工作，整个评价涉及的群体包括学生、教师、毕业生、用人单位以及相关社会评价组织，其关键是以学生所取得的学习成果为根本出发点和核心，要求专业和教师准确度量在教学过程中和教学结束后学生的达成情况。

2) 专业和所有任课教师应该明确学生应取得的成果是什么，为什么要让学生取得这些成果，如何有效地帮助学生取得这些学习成果以及评价这些学习成果的方法。

3) 基于 OBE 理念构建了安全工程专业毕业要求达成度评价体系，以学生学习所获得的成果为导向，进一步明确了毕业要求和课程成果以及考核方式的关系，更加科学、系统地量化专业毕业要求达成度的最终结果。

基金项目

浙江省高等教育教学改革项目(项目编号：JG2015075)；浙江省教育科学规划 2017 年度(重点)研究课题(2017SB132)；中国计量大学校立教改项目(项目编号：HEX2017019)。

参考文献

[1] Spady, W.G. (1981) Outcome-Based Instructional Management: A Sociological Perspective. Nation al Institute of Education, Washington DC.

[2] 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(17): 7-10.

[3] Spady, W.G. (1997) Paradigm Lost: Reclaiming America's Educational Future. American Association of School Administrators, Arlington, VA.

[4] Spady, W.G. (1994) Choosing Outcomes of Significance. *Educational Leadership*, **51**, 18-22.

[5] 张丽娜, 巩学梅, 魏莉莉. 基于华盛顿协议视角的建环专业人才培养模式探索——以宁波工程学院为例[J]. 宁波工程学院学报, 2015, 27(1): 76-78.

[6] 蔡述庭, 李卫军, 章云. 工程教育认证中毕业要求达成度的三维度评价实践[J]. 高等工程教育研究, 2018(2): 71-76.

[7] 孙晶, 刘新, 王殿龙, 孙伟, 贾振元. 面向工程教育的毕业要求指标体系构建与实践[J]. 实验室科学, 2017, 20(6): 229-234.

[8] 王文荣, 王姣, 张洪娟. 基于反向设计的毕业要求达成度评价解析——以金融学专业为例[J]. 金融理论与教学, 2017(5): 75-79.

[9] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证毕业要求达成度评价指导手册(试行) [Z]. 北京: 中国工程教育专业认证协会, 2015.