

从课程支撑到能力整合： 工程教育专业认证“毕业要求”指标研究

孟祥红 齐恬雨 张丹

【摘要】毕业要求是工程教育专业认证的重要组成部分。随着工程教育专业认证工作的不断深入,国内很多工科院校以专业认证为契机,全面提升人才培养质量。与国际上成熟的工程教育专业认证相比,我国高校在认证实践中较为缺乏毕业要求评估量规,现行的认证逻辑也制约着毕业要求达成度的科学性发展,需要转变毕业要求指标构建理念导向,进一步深化教学改革,建立科学评估、持续改进的质量文化。

【关键词】毕业要求 指标体系 工程教育专业认证 课程支撑 能力整合 评估量规

工程教育专业认证倡导“学生中心、成果导向、持续改进”三大理念。在我国工程教育专业认证的发展中,以三大理念为基础不断构建和完善毕业要求体系。毕业要求,即学生成果(Student Outcomes)或学习成果(Learning Outcomes),是指学生在该专业的学习过程中获得的知识、能力和行为,用来描述学生在毕业时应具备的表现。定义明确的毕业要求有助于任课教师了解学生学习的预期,达成统一认识,确保整个培养方案和课程体系是一个为实现学生预期成果的有机整体。然而,国内现行的毕业要求认证实践体系,缺乏有效衡量和评价学生成果是否达成的机制,需要从内生逻辑方面进一步理解和重构。

一、国内外工程教育认证毕业要求指标体系的发展、共性与差异

(一) 国际工程教育认证毕业要求指标体系构建

不同国家的工程教育界对于学生学习成果的标准和要求各不相同,对各项能力的重视程度也有所差异。国际工程联盟(IEA)制定了12条《华盛顿协议》毕业生素质(IEA, 2013),供《华盛顿协议》各成员国工程认证协会参考并制定自己相应的学生成果标准。^[1]美国的ABET工程认证委员会^[2]、英国工程协会根据《英国职业工程能力标

准》(UK-SPEC)制定的《高等教育专业认证》(AHEP)通用标准(EC-UK)^[3]、澳大利亚工程认证委员会要求工程教育专业参照《澳大利亚工程师通用能力标准》中《阶段一职业工程师能力标准》(EAAB)制定的毕业生能力目标^[4]、加拿大工程认证委员会构建的12条毕业生素质(CE-AB)^[5],都分别对毕业要求指标点作出了详细描述。

工程专业认证委员会只是给出学生成果框架,并没有给出具体指标点分解的指导和建议,需要各个高校根据自己的理解和专业的具体情况进行分解和描述。美国大学学院联合会(Association of American Colleges and Universities)组织专家研制了16条通用能力量规VALUE(Valid Assessment of Learning in Undergraduate Education),其中包括批判性思维能力、调查与分析能力、创新思维能力、定量分析能力、团队合作能力、书面/口头交流能力、解决问题能力、跨文化交流能力、伦理分析能力、终身学习能力等(AAC&U, 2009)。^[6]Cooney教授介绍了如何利用VALUE的评估量规来帮助分解ABET的11条毕业要求,并对其进行评估。美国伊利诺伊理工大学(IIT, 2017)^[7]、田纳西大学(Keffner, 2015)^[8]、奥本大学(AU)^[9]、加拿大麦吉尔大学(McGill)^[10]、

收稿日期: 2021-04-03

基金项目:“结果导向的海洋特色食品类专业实习实训保障制度体系建设探索与教学实践”(E-SPNL20202318);教育部第二批新工科研究与实践项目

作者简介:孟祥红,中国海洋大学食品科学与工程学院副院长、教授;齐恬雨,中国海洋大学党政管理系列教师;张丹,Blackboard中国教育研究院副院长、研究员。

曼尼托巴大学(Cicek, Labossiere, & Ferens, 2015)^[11]都制定了具体的、可衡量的工程专业学习成果、分解指标点和评估量规。分解的方法和指标点的数量虽然不尽相同,但是都是从能力内涵的角度进行分解的。曼尼托巴大学工程学院在分解毕业生素质指标点的同时,制定了详细的毕业生素质量规,将毕业生素质的每个指标点分成四个表现等级,代表学生相应的能力水平,比如不具备能力、能力正在发展中、具备能力、能力出众,每个等级都有详细的学生表现描述。

(二) 我国工程教育认证毕业要求指标体系构建

我国工程教育认证工作从2005年开始逐渐开展,刚开始的认证主要是以课程为导向。2015年,我国《工程教育认证标准》的发布开始将认证的导向转变为“成果导向”,用一种反推的逻辑,根据培养目标、毕业要求来重构课程体系。随着我国于2016年成为国际工程教育《华盛顿协议》组织的正式成员,越来越多的高校重视工程教育专业认证工作。针对毕业要求方面,我国2017版的《工程教育认证标准》将毕业要求的特性描述为“明确、公开、可衡量”,而2020版的《工程教育认证标准》将这种描述扩充为“明确、公开、可衡量、支撑、覆盖”^[12],更加强调专业制定的毕业要求对培养目标的支撑以及在广度上能够完全覆盖标准中所涉及的内容。

国内很多学者在积极探索如何能更好地对毕业要求指标点进行分解的途径,比如:通过对每条毕业要求语句的理解和断句进行指标点分解^[13,14],通过抽取关键词进行分类的方法进行分解^[15],通过对不同研究方向和内容的区分来分解毕业要求在不同方向上的能力,如设计能力分解为功能单体设计能力、系统设计能力、工程设计能力。^[16]不同高校对毕业要求指标点的分解在一定程度上能够体现出专业特色,然而很少有高校为毕业要求制定评估量规。顾晓薇等教授研究发现在专业认证过程中学校对于毕业要求的落实和评估存在很多理解上的偏差和误区,比如由于过于泛化地理解指标点的能力而导致相关教学活动被虚化,很多指标点仅仅停留在概念的学习上,而缺乏综合训练和考核,专业课和基础课衔接不足等^[17],因此科学合理分解毕业要求指标点,找到相应的教学活动来实现,并且有合理的评价方式至关重要。

(三) 国内外毕业要求指标体系构建的共性

1. 统一性和多样性相结合

毕业要求指标体系构建是遵循成果导向性的,即学生在毕业时需要达到指标点中的具体要求,进而倒推如何通过具体的学习途径来达到学习成果。不仅教师需要熟悉和理解毕业要求指标体系的相关内容并以此来构建课程大纲体系,其他的高等教育利益相关者例如:学生、家长、参与联合培养的企业等都需要在毕业要求方面有统一性的认识。因此,无论国内外哪一个毕业要求指标体系的构建,都注明是“明确、公开”的,让高等教育利益相关者都认知并参与到毕业要求指标体系的实践中,使得各方都朝统一的方向和要求共同发力。

然而,统一性并不意味着同质性。《华盛顿协议》中特别强调^[18]:毕业要求“是表明毕业生能够获得执业能力的一些要素”,“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”。各专业需要根据专业自身的特色以及结合所在高校的人才培养目标来形成多样的指标内容体系,以避免同质化办学。尽管如此,不同学校也可以相互借鉴一些具体的指标点内容,例如:英国工程协会的6大类32条学习成果中“工程分析”类的4条成果表述和“设计”类的6条成果表述,对于分解中国工程专业认证12条毕业要求中的“问题分析”和“设计/开发解决方案”则具有极高的参考价值。

2. 支撑性和关联性相结合

毕业要求指标体系不是独立存在的,而是与培养目标和课程目标体系相辅相成的。培养目标是首先需要制定的,进而根据培养目标确定毕业要求,再根据毕业要求确定课程目标体系。因此,课程目标需要支撑毕业要求的达成,毕业要求又要支撑人才培养目标的达成。国内外每个毕业要求指标体系构建都是遵循着这种支撑性原则。关联性是指毕业要求与对应指标点的关系,毕业要求与其指标点应是对应性、不可逆性及不可复制性的。^[19]

3. 技术指标与非技术指标相结合

随着全球化和新技术革命的不断深入,工程人才培养的标准也在不断革新,以适应时代发展的需求。《2020的工程师:新世纪工程的愿景》指出:未来的工程人才需具备分析能力、实践经验、创造力、沟通能力、商务与管理能力、职业伦理道

德、终身学习能力。^[20]近年来,各国对工程认证毕业要求指标的修订中,除了完善对工程现代能力的技术指标以外,也在非技术指标中加强了对终身学习能力、项目管理和领导能力、绿色工程理念的要求。两者相结合才能保障学生的全面发展,这不仅要求毕业生具有解决复杂工程问题的“硬核实力”,也要拥有适应现代社会高速发展的卓越“软实力”。

(四) 国内外毕业要求指标体系构建的差异

我国的工程认证毕业要求指标体系构建与国外的差异主要是表现在:指标点较为缺乏可操作性和可评价性。国外普遍都制定了具体详细的量规,教师在进行评价的时候,统一按照量规对学生的各项能力进行评价。而目前,我国大部分高校都没有制定可操作性的量规,还是沿用了传统的考核方式和主观性的评价方法。例如:对毕业能力的考核,往往不是通过一套选择题或者判断题就可以评估学生的毕业能力,而是需要让学生经历一个工程项目的全流程,包括规划、设计、实践、总结和反思。如果缺乏具体的量规,就无法对学生在整个工程项目中的全过程表现进行科学性评价。

二、我国工程教育毕业要求认证的实然逻辑与困境

(一) 课程支撑——我国工程教育毕业要求认证的实然逻辑

由于工程教育认证呈现出“课程目标→毕业要求→培养目标”的支撑关系,我国的工程专业认证在毕业要求达成评价的过程中,需要被认证专业提供课程支撑毕业要求指标点的对应关系(表1):

表 1 课程对毕业要求指标点的支撑关系

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							✓

根据表 1,被认证专业的所有课程需要在课程目标上实现毕业要求指标点的全覆盖,即达到“以课程组合来支撑毕业要求”的认证逻辑。这种逻辑确实一定程度上实现了毕业要求与课程目

标、培养目标之间的衔接,使得课程体系的构建、教学内容的更新、教学方法的转变能够围绕着毕业要求和每项目标的实现,更加体系化。一方面,学院在制定人才培养方案时可以根据毕业要求指标点的达成情况重构或者调整课程结构;另一方面,教师在制定教学大纲中也可以将课程目标和毕业要求相对应进行构建。然而,这种构建方式仅仅实现了“表层性”的结构关联。课程体系、毕业要求与培养目标之间到底有没有实现内在实质性的联系?毕业要求指标点与课程目标的关联到底有没有起到促进人才培养模式和教学方式转变的作用?认证专家进校认证的毕业要求的达成度是真正意义上的达成度,还是教师主观意念上的达成度?这些都还是需要进一步深思的问题。

(二) 我国工程教育毕业要求认证的困境

1. 分解指标点内涵模糊

毕业要求的具体指标点分解是不同高校根据自身的人才培养定位和特色在统一的一级指标体系基础上来进行分解的。虽然指标点的分解具有一定的开放性,但是指标点需要是可观察、可操作、表述准确的。美国学者 Trudy W. Banta 提出应该选择统一的表述语言来清楚地描述对于学生毕业时应该具备的知识、能力和素质等方面的期待,并建议采用 Anderson 和 Krathwohl 修改的布鲁姆教育目标分类体系来撰写学习成果。^[21]修订版的布鲁姆教育目标分类体系定义了 6 个层次的认知目标,均采用动词描述而非名词,包括记忆、理解、应用、分析、评价和创造;除此之外,还定义了 4 个层次的知识目标,包括事实性的知识(Factual knowledge)、概念性的知识(Conceptual knowledge)、程序性知识(Procedural knowledge)和元认知知识(Metacognitive knowledge)。通过两个维度的限定,从认知目标中选取相应的动词,从知识目标中选取名词,可以更好地描述预期的学习成果。

目前,我国一些高校的工科专业对指标点分解的描述普遍存在着不够准确、具体的问题,表述也多使用“掌握”“理解”等处于较低认知层次的词语,这样的毕业要求指标体系不利于指导产出导向的教学,也无法进行科学地评价和评估。例如,如果将“工程知识”的指标点简单分解为:能够掌握数学的原理和方法、能够理解自然科学的原理和方法解决复杂工程问题、能够对工程技术的原理和方法有深入的认识……这样的指标点分解就

较为笼统,教师和学生对于这样的指标点如何达成也会感到困惑。如果将其描述为:能够针对工程设计与单元操作等方面问题建立模型并求解、能够将科学模型用于推演和分析工程问题并设计解决方案等,教师就能够根据这种具体指标点的描述进行教学设计与考察,学生也更容易从可操作性层面入手来达成毕业要求。

2. 课程支撑零散,缺乏系统性

我国在工程专业毕业要求认证实践中遵循着课程支撑逻辑,一个毕业要求目标是由 n 门课程来共同支撑的。虽然不同的课程组合能够全面覆盖毕业要求指标点,但是这些课程之间究竟存在着什么样的关联,怎样来系统性地支撑毕业要求,这是个还未解决的问题。打个比方,如果把一门课程比作“教师给予学生的一个梯子”,将毕业要求比作“有一定高度标准的围墙”,那么学生如果要越过毕业要求的高度标准就要借助梯子的力量。然而,如果教师仅仅给予学生“梯子”,却不教给学生如何将梯子正确地组合,那么最后的结果将是学生只是散乱地把梯子随意一堆,未必能够达到毕业要求的高度。只有将这些“梯子”进行系统性地组合,学生才可以学会“正确运用梯子”来达到理想的高度。

3. 能力指标所对应的考核方式不合理

在国内的毕业要求的 11 个一级指标点中,掌握工程知识只占其中的 1/11,其余全都由一些技术能力指标和非技术能力指标构成。对于知识的考核方式,往往会采用过程性的课堂提问、作业布置以及终结性的试卷考核。而对于能力的考核方式,就变得更加复杂化和多元化了。单单就“设计/开发复杂工程问题”这一个能力指标而言,如果仅依靠试卷考核,是无法科学性评价学生这方面能力的。教师应再细分为以下具体指标点来设计教学和考核环节:学生是否能够辨别和提出解决复杂工程过程中的具体问题;是否能够形成解决该问题的可行策略,并能明晰策略的优缺点;是否能够实施问题解决的具体方案,并撰写相应的方案执行报告;是否能够评估问题解决方案的执行成效,包括绩效、局限性、风险、成本以及失败或产生风险的原因,结合文献分析形成有效的结论。这样一来,才能够根据可观测的指标点进行合理的考核设计。

一般来说,能力指标所对应的考核方式不合理往往是因为缺乏详细具体的量规。量规是描述

性的,可以使教师、学生、用人单位等各利益相关者更好地理解毕业生素质的要求,为各方提供一个更透明的评估标准,同时也可以更好地指导以后的教学和学习。毕业生素质评估量规,即毕业要求评估量规,对于实现“产出导向”的教育和评估,是一个非常有益的工具,有助于评估各方对专业的毕业要求有一个统一的认识和理解,任课教师也可以在课程教学中参考或使用这些量规进行能力考核和测评。目前,我国大部分高校在毕业要求方面缺乏可操作、可观测的量规,这方面可借鉴国外高校的一些制定方法和描述方式。

4. 第二课堂未纳入毕业要求评价体系

对于毕业要求非技术能力指标点的分解,是国内外工程教育认证所面临的共同难题,也是我国工程教育过程中的薄弱环节。这一方面是由于非技术能力的交叉性、融合性程度更高,不易观测和评估,另一方面仅仅凭靠第一课堂教学是无法全面考核学生的非技术能力的。对工科学生综合素质的提升,第二课堂对第一课堂起到了至关重要的补充和促进作用,是提升大学生沟通能力、协调能力、领导力、人文素养以及社会责任感的重要途径。培养正确的工程伦理和价值观、实现长效立德树人是工科大学生获得长远发展的根本,也是大学生形成健全人格、建立伦理道德、实现全面发展的关键要素。^[22]尤其是在“新思政”的大环境下,如何厘清第一课堂和第二课堂的内在联系和育人机制,使两者协同激励,共同致力于工科学生毕业要求的达成,是我们面临的一大挑战。

三、以能力整合逻辑重构和践行毕业要求指标体系

转变单一性的“课程支撑”构建方式,是突破我国工程专业毕业要求认证困境的关键。具体路径一是从理念上进行重构,强调从“学生可被观测的表现”和“能力系统性的整合”对毕业要求指标体系进行重构;二是在认证过程中打破以往对课程组合的零散性认证,逐渐转向根据能力形成的具体量规对教学活动的整合性评估。

(一) 能力整合理念——毕业要求指标体系构建的应然取向

一般来说,能力的培养是系统化的,如果按照现行的课程组合达成毕业要求的逻辑,仅仅将课程教学单元的成效与指标点的评估相匹配,那么能力目标往往会被课程或知识单元的教学肢解。比如 ANALYSIS 可能被肢解为 S、I、S、Y、L、A、

N、A 八个能力指标点,由不同的课程或内容模块完成,学生每一个指标点可能都是达成的,但是学生只是将八个字母随意组合,不一定能够达到正确顺序组合的 ANALYSIS。这种现象类似于目前的人才培养现状,即学生学习了大量的知识但不会应用知识,其原因在于没有经历“系统性”的培养。

毕业要求各条能力之间并不是独立存在的,而是按照一定的逻辑关系相互关联的一个系统化的整体。对此,李志义将其定义为“543”结构模型,来解释各部分能力之间的先后形成顺序、包含与交叉关系。^[23]

(二) 能力整合的毕业要求指标建设与实践——以中国海洋大学食品科学与工程专业为例

中国海洋大学食品科学与工程专业自 2007 年通过认证以来,连续 4 次通过认证并在过程中持续改进。采用全新理念,针对“如何将抽象指标转化为具体化、可评价性的指标,并能够让学生系统性地达成毕业要求”这一问题对指标点进行了具体的分解,构建了更具有科学性、合理性、可评价性的评估体系。

1. 制定可评价性量规

首先,中国海洋大学食品科学与工程专业开创性地设定了本专业毕业要求的评估量规。在进行毕业要求指标点分解时,摒弃了传统的语句拆分和组合关键词的做法,从能力整合的内涵和可衡量性的标准入手,借鉴和学习了美国及加拿大

工程专业能力分解的经验,融入 CDIO 模式所倡导的全周期流程覆盖和一体化培养理念,同时非技术能力又借鉴和参考美国大学学院联合会的 VALUE 能力量规,制定出具有明确导向性和逻辑性的毕业要求指标点和评估量规。由于量规采用 4 分制,涉及到 96 个二级指标点,体系庞大,故选取 1 个技术指标点(表 2)和 1 个非技术指标点(表 3)示例如下。

2. 选取核心课程进行能力整合

为解决“课程组合散乱,无法系统性支撑毕业要求”的问题,该专业选取了部分核心课程,尤其是能力整合性需求高的课程,例如:食品工厂设计、生物化学等,每门课程都实现了毕业要求的全覆盖和能力整合性的评估,让学生经历“在一门课程中,毕业要求所有能力指标点如何进行有机整合和达成”的全过程、一体化培养。另外,在教师设置的考核方式能否合理性评估能力目标方面,学院专门设置了机构负责人进行专业性审核。

3. 利用 Blackboard 平台实现统一量规和共同认证

在评估量规制定、能力整合达成的基础上,进一步融合了教育评估的信息化建设,利用 Blackboard 学习管理系统完成毕业要求指标体系的系统实现及评估。在认证专家进校环节,专家可在平台上随机抽取一个能力指标点对应的教学活动和学生的学习成果,并审查相关专业如何根据统一的量规对该指标点进行学生学习成果的专业层

表 2 毕业要求 5 的指标点分解和评估量规

毕业要求 5 使用现代工具能力	能够针对食品复杂工程问题,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。			
考核指标点	优(4)	良(3)	中(2)	差(1)
能够理解食品复杂工程问题解决时需要的常规仪器、设备和工具的原理、适应范围、优缺点;	能够全面理解、熟练掌握食品复杂工程问题解决时需要的常规仪器、设备和工具的原理、适用范围、优缺点。	能够理解、掌握食品复杂工程问题解决时需要的常规仪器、设备和工具的原理、适用范围。	能够理解、熟练掌握食品复杂工程问题解决时需要的个别常规仪器、设备和工具的原理,对适用范围。	能够理解、熟练掌握食品复杂工程问题解决时需要的个别常规仪器、设备和工具的原理,对适用范围、优缺点不了解。
具有识别、选择、使用适当的工具解决仪器工程单一问题的能力;	能够熟练、准确地识别、选择、使用最恰当的工具解决仪器工程单一问题。	能够识别、选择、使用最恰当的工具解决仪器工程单一问题。	具有一定的识别、选择、使用一种工具解决食品工程单一问题。	不能识别、选择、使用相应的工具解决食品工程单一问题。
具有识别、组合、集成仪器设备解决复杂食品工程的能力;	能够选择、组合、集成仪器设备用以解决复杂食品工程问题。	能够选择、组合、集成仪器设备用以解决复杂食品工程问题。	能够选择、组合、集成仪器设备解决复杂食品工程问题,存在一定的不当或错误。	不能高效地选择、组合、集成仪器设备解决复杂食品工程问题。
具有开发、使用模拟、仿真等现代工程和信息技术工具解决复杂食品工程问题并认识其局限性的能力;	能够熟练地开发、使用恰当的模拟、仿真等现代工程和信息技术工具解决复杂食品工程问题并认识其局限性。	能够开发、使用模拟、仿真等现代工程和信息技术工具解决复杂食品工程问题并认识其局限性。	能够开发、使用模拟、仿真等现代工程和信息技术工具解决复杂食品工程问题,但不熟练。	不能开发、使用模拟、仿真等现代工程和信息技术工具解决复杂食品工程问题。
具有应用仪器设备和信息技术工具检测并预测食品品质、加工、贮藏流通等复杂问题的能力。	具有熟练地应用仪器设备和信息技术工具检测并预测食品品质、加工、贮藏流通等复杂问题的能力。	具有应用仪器设备和信息技术工具检测并预测食品品质、加工、贮藏流通等复杂问题的能力。	能够应用仪器设备和信息技术工具检测并预测食品品质、加工、贮藏流通等复杂问题的能力,但存在偏差或错误。	不能够应用仪器设备和信息技术工具检测并预测食品品质、加工、贮藏流通等复杂问题的能力。

表 3 毕业要求 11 的指标点分解和评估量规

毕业要求 11 项目管理能力	理解并掌握食品工程管理原理、商业规则和经济决策方法, 并在解决食品复杂工程问题涉及的多学科环境中应用。			
考核指标点	优(4)	良(3)	中(2)	差(1)
能够根据拟解决问题的需要和要求, 制定相应的项目计划;	提出完全满足需求和要求的项目计划, 内容具有创新性和可执行性。	提出符合需求和要求的项目计划, 内容具有可执行性。	提出基本符合需求和要求的项目计划, 内容需做改进后具有可执行性。	没有提出符合需求和要求的项目计划。
能够基于项目计划制定相应的预算, 并能陈述翔实的依据或理由;	制定项目预算涵盖所有项目内容, 并能陈述各项预算依据或合理性, 并对意外情况做了预案。	制定项目预算涵盖所有项目内容, 并能陈述各项预算依据或合理性。	制定项目预算涵盖所有项目内容, 并能解释各项预算依据。	制定项目预算不能涵盖所有项目内容, 或不能对各项预算依据做出说明。
能够识别与项目相关的风险(物理、情感、货币、名誉风险等), 考虑风险的可能性及影响的严重性;	识别与项目相关的所有风险, 准确地估计风险的可能性和其影响的严重性。	识别与项目相关的风险, 估计风险的可能性, 及其影响的严重性。	识别一些基本的风险, 并且能够估计风险的一些可能性, 以及它们的影响的严重性。	确定一些基本的风险, 可能不准确地估计风险的可能性和其影响的严重性。
能够估算项目所需时间, 规划进行、跟踪、监控和完成项目, 具备应对突发事件的调控能力;	熟练项目进程管控和适应变化的调控能力。	具有项目进程管控和适应变化的调控能力。	具有一定的项目进程管控和适应变化的调控能力。	项目进程管控和适应变化能力较差。
能够理解和保障项目指标符合预期规范/标准(客户/专家/行业等);	具备熟练的质量保障的理解能力。	具备质量保障的理解能力。	具备一定的质量保障的理解能力。	仅能少部分地理解质量保障。
能够理解和运用经济原理进行工程项目包括短期成本和长期效益的经济评估;	能够准确地理解和运用经济原理进行工程项目的短期成本和长期效益的经济评估。	能够理解和运用相关经济原理进行工程项目的短期成本和长期效益的经济评估。	基本能够理解和运用相关经济原理进行工程项目效益的经济评估。	不能理解和运用相关经济原理进行工程项目效益的经济评估。
能够评估整个项目的执行情况, 并能总结经验。	能够对项目执行情况进行全面的评估, 总结经验, 为后续项目提出建设性的改进建议。	能够对项目执行情况进行全面的评估, 总结经验, 为后续项目提出改进建议。	能够对项目执行情况进行部分评估, 总结经验。	不能对项目执行情况进行部分评估, 不能形成评估结论。

面而非课程层面的评价, 以及该毕业要求是否达成。这种认证方式不仅能够评估该专业是否建立了覆盖所有毕业要求的课程体系, 还能够更科学地对能力目标达成度作更深入的评估。毕业要求指标体系及量规的建立为进一步实现成果导向(OBE)的教学和毕业要求达成度评估奠定目标基础。

参 考 文 献

[1] Graduate Attributes and Professional Competencies [EB/OL]. [2021-03-21]. <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>.

[2] ABET. EAC Mapping C3: A-K to C3: 1-7. [EB/OL]. [2021-03-21]. http://www.abet.org/wp-content/uploads/2018/03/C3_C5_mapping_SEC.1-13-2018.pdf.

[3] The Accreditation of Higher Education Programmes: Third edition [EB/OL]. [2021-03-21]. [https://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/Website/Accreditation%20of%20Higher%20Education%20Programmes%20third%20edition%20\(1\).pdf](https://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/Website/Accreditation%20of%20Higher%20Education%20Programmes%20third%20edition%20(1).pdf).

[4] Linking Accreditation with the Engineers Australia National Competency Standards [EB/OL]. [2021-03-21]. https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/content-files/2016-12/S04_Linking_Accreditation_with_the_Engineers_Australia_National_Competency_Standards.pdf.

[5] CEAB. Accreditation Criteria and Procedures Report 2017 [EB/OL]. [2021-04-22]. <https://engineerscanada.ca/sites/default/files/accreditation-criteria-procedures-2017.pdf>.

[6] AAC&U. Inquiry and analysis value rubric [EB/OL]. [2007-09]. <https://www.aacu.org/value/rubrics/inquiry-analysis>.

[7] Student Outcomes, Performance Indicators, and Rubrics [EB/OL]. [2020-11-13]. <http://www.ece.iit.edu/~abet/sopi.html>.

[8] KEFFER D.J. ABET Student Outcome Evaluation & Assessment Rubrics [EB/OL]. [2021-04-25]. http://utkstairs.org/clausius/docs/abet_mse_2017/pdf/ABET_StudentOutcomeRubrics_UTKMSE_2015_0714.pdf.

[9] Scoring Rubric for Program Outcome [EB/OL]. [2021-04-25]. <http://www.eng.auburn.edu/~tplacek/courses/3600/Scoring%20Rubric%20for%20Program%20Outcomes.pdf>.

[10] Graduate Attributes and Indicators-Detailed/Program Specific Descriptions [EB/OL]. [2021-04-25]. https://www.mcgill.ca/engineering/files/engineering/graduate_attributes_and_indicators_detailed_list_0.pdf.

- [11] Graduate Attribute Rubrics[EB/OL]. [2021-04-25]. https://umanitoba.ca/faculties/engineering/deans_office/pdf/Rubric_Handbook_-_University_of_Manitoba_FINAL_June_2015.pdf.
- [12][23] 李志义. 对毕业要求及其制定的再认识——工程教育专业认证视角[J]. 高等工程教育研究, 2020(5):1-10.
- [13] 解北京, 杜玉晶, 吴建松. 安全工程本科生毕业要求达成度评价与改进[J]. 科教文汇, 2018(4):67-70.
- [14] 李青竹, 肖睿洋, 闵小波. 对工程教育专业认证中“毕业要求”的理解——以中南大学环境工程专业为例[J]. 学园, 2015(24):21-22.
- [15] 孙晶, 刘新, 王殿龙, 等. 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(6):229-234.
- [16] 陈适才, 张建伟, 李炎锋. 工程教育认证制度下土木工程专业毕业要求达成度评价的分析与思考[J]. 中国建设教育, 2017(5):161-165.
- [17] 顾晓薇, 王青, 邱景平, 等. 工程教育认证“毕业要求”达成度的认识与思考[J]. 教育教学论坛, 2016(14):24-26.
- [18] International Engineering Alliance(IEA). Graduate Attributes and Professional Competencies [EB/OL]. [2021-04-25]. <http://www.ieagrements.org>.
- [19] 李志义. 对我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):10-16.
- [20] NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2004:53-56.
- [21] BANTA T W, PALOMBA C A. Assessment Essentials: Planning, Implementing, and Improving Assessment in Higher Education[M]. San Francisco, C. A.: Jossey-Bass A Wiley Brand, 2014.
- [22] 高琼. 当“新工科”遇上“新思政”——新工科背景下能源动力类大学生第二课堂综合素质培养研究[J]. 高等工程教育研究, 2019(S1):39-42+48.

From Curriculum Support to Competence Integration: Research on the Graduate Attribute Indicator System from the Perspective of Engineering Education Accreditation

Meng Xianghong, Qi Tianyu, Zhang Dan

Abstract: Graduate Attribute is an important part of engineering education accreditation. With the deepening of engineering accreditation, many Chinese engineering universities take accreditation as an opportunity to improve the quality of talent cultivation. Comparing with mature practices of engineering accreditation overseas, Chinese universities rarely develop and use graduate attribute rubrics. The current accreditation logic in China also restricts the scientific development of the assessment of student outcomes. It is suggested that universities change the concept in building the graduate attribute indicator system, deepen teaching reform, and set up a quality culture with scientific assessment and continuous improvement.

Key words: graduation attribute; indicator system; engineering education accreditation; curriculum support; competence integration; assessment rubrics

(责任编辑 黄小青)