

工程教育专业认证中非技术能力达成的教学研究

——以环境工程专业为例

修光利 郭宇杰 侯丽敏

【摘要】 本文将《华盛顿协议》对工程教育质量认证体系中非技术能力相关毕业要求进行了分类梳理,调研了现有高校环境工程专业中支撑非技术能力达成的教学环节,分析了现有支撑教学环节的合理性和可衡量性,提出了优化的建议;基于教学环节的达成评价方法,提出了基于过程考核的形成性评价方法,以与课程教学定量评价相结合提高达成度评价的可靠性。

【关键词】 工程教育 专业认证 非技术能力 毕业要求 教学

2016年,中国正式加入《华盛顿协议》,标志着我国工程教育质量认证体系实现了国际实质等效,工程专业质量标准获得国际认可,成为中国高等教育的一项重大突破。环境工程专业自2007年就开展专业认证试点工作,建立并逐渐完善了环境工程专业规范和专业认证补充标准。

工程教育的目标是培养合格的工程师,合格的工程师需要具有分析能力、实践能力、观察能力、创造能力、学习能力、沟通能力、管理能力、严谨的作风、优秀的品格、敬业的精神,这既包括技术能力,也包括非技术能力。从某些方面来说,非技术能力对于成为优秀工程师的重要性不容忽视。特别是随着工程复杂性的增加,工程更多的依赖于团队完成,而非工程师个体;而且随着新时代信息技术革命的不断深入,以及未来工程的不可预见性,工程师需要的不仅仅是技术知识,因为非技术能力对于解决未来不可预见的复杂问题更为重要。非技术能力的范围广泛,没有固定的定义,但大致包括学习能力、系统思考能力、伦理判断能力、沟通能力、组织领导能力等。^[1]国际上众多工程教育专业认证的标准也都提到了职业规范、个人与团队、沟通和终身学习能力等非技术能力因素。^[2]非技术能力往往隐藏在整个教育中,无形中的教育往往胜于有形的传授,甚至有的时候“只可意会不可言传”。因此,对非技术能力达成

的评价往往比较困难,也成为工程教育专业认证的难点之一。

经过近十年的探索,2017年中国工程教育专业认证协会对工程教育专业认证标准进行了修订,最新修订的标准对专业毕业要求提出了“明确、公开、可衡量、支撑、覆盖”的要求。毕业要求通常都可以分解成若干毕业要求指标点,指标点的达成需要教学活动的支持。技术类毕业要求的指标点比较容易采用“基础课、专业基础课、专业课”的分类对接支撑,而非技术类毕业要求的指标点对应的教学环节很难确定。与技术指标点对应的教学环节相比,支撑非技术能力的教学环节显得更为分散,缺乏系统性,很难全面支撑能力的达成。而且,用于支撑非技术能力达成的教学环节评价标准和方法也非常缺乏。根据标准,指标点分解的关键是清楚表达相关能力的内涵,只有表达明确才有可能纳入教学内容,才有办法评价,因此一般高校都按照“能力要素”进行分解。但实际上的分解并没有形成统一的标准,不同的学校对此有不同的理解。

本文基于毕业要求中非技术能力的指标点分解以及达成评价方法开展研究,以环境工程专业为例,对现有专业的实际案例进行了一些调研和比较,提出了教学环节的一些设计建议,以期能够帮助工程教育专业认证的持续改进。

收稿日期:2020-01-15

作者简介:修光利,华东理工大学资源与环境工程学院教授、博士生导师;郭宇杰,华北水利水电大学环境与市政工程学院副教授;侯丽敏,华东理工大学商学院副教授。

一、非技术能力指标

1. 非技术能力指标构成。

工程教育的使命是培养受过必要训练的工程人才,即工程师。工程是人类改造物质自然界的完整的全部的实践活动和过程的综合,是有目的的、有计划的人类行为。^[2]工程不同于科学,因为工程属于实践范畴,不仅仅在于获取知识,还在于造物。工程不等于技术,因为工程除了技术外还受到政治、经济、资源、社会、管理、心理、伦理、环境等要素的制约,有的人还提到文化、法律、美学等要素。工程活动是资源、技术、经济、社会、政治、生态、伦理等多种要素的优化和集成,是工程共同体(包括企业家、投资者、工程师、管理者、工人、其他利益相关者)所从事的集体活动。^[2]在这个集体中,每一个组成部分都可能是工程教育的对象,而且之间可以相互转化。高等工程教育的目标是培养工程师,在工程共同体中,工程师的作用是至关重要的,因为他扮演着执行者、管理者和协调者的角色。正是这种多重角色的需要,工程师应该具备的能力就不能仅限于技术层面。

随着科学技术的进步,工程活动产物的复杂程度随之增加,现代工程呈现出以“研究—开发—设计—制造—运行—维护—管理”等环节集成的工程链为特征的“大工程”,因此现代工程人才观和工程教育观需要将工程人才放在“共同体”中系统考虑。^[3]Shuman 等综述并分析了美国工程技术认证委员会(ABET)认证标准中的能力因素,分析了非技术能力的重要性^[4],明确提出了团队合作精神和领导力、有效的沟通交流能力、终身学习能力、职业道德和社会责任、懂得工程问题对全球环境和社会的影响。华盛顿协议实施的工程教育专业认证标准中将 4 条毕业要求列为非技术能力(职业规范、个人和团队、沟通、终身学习),将 3 条毕业要求列为非技术能力与技术能力的融合(工程与社会、环境与可持续发展、项目管理)。Tao 等人提出了工程师的非技术能力包括表达沟通能力、团队合作能力、终身学习能力、职业道德和社会责任、社会人文和经济管理知识等。^[5]王耀东认为卓越工程师的非技术能力由系统思考的能力、伦理判断的能力、沟通的能力、组织领导能力组成。^[1]姚立根和王学文总结了现代工程师综合素质构成要素,提到了才智支持体系和非才智支持体系,其中非才智支持体系包括观念(世界观、人生观、价值观、道德观)、情感(求知欲、好奇

心、情绪、积极性)、意识倾向(理想、动机、兴趣、爱好)、意志(自学性、果敢性、坚持性、自制力)、倾向(性格、态度、理智、行为)等素质。^[6]这些素质中关于世界观、价值观和道德观等要求与当前我国提出的“立德树人”的根本任务是一致的。2018 年全国教育大会明确了中国高等教育的目标是“培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人”,明确要“坚持扎根中国大地办教育,坚持以人民为中心发展教育,坚持深化教育改革创新,坚持把服务中华民族伟大复兴作为教育的重要使命”,要“教育引导大学生培育和践行社会主义核心价值观”。因此工程教育的非技术能力的因素需要考虑正确的价值观,需要覆盖德智体美劳诸多的因素。

表 1 基于工程教育的非技术能力内涵

非技术能力分类	内涵与要求
哲学意识和价值观	具有工程哲学意识,具有社会主义核心价值观、人类命运共同体的世界观。
伦理判断能力	要熟悉工程的利益、风险和责任,对自身职业责任有清楚认识,坚守职业伦理规范,能将公众的安全、健康和福祉置于首位。
系统思考决策能力	能够适应工程跨学科、跨领域、跨尺度的特点,具备将科学、技术与社会、健康、安全、法律、文化、环境、生态、艺术美学等多方面因素进行整体考虑、综合决策的意识和能力。
可持续发展理念	具有可持续发展理念,熟悉工程对环境、社会可持续发展的影响。特别是应该具有全球环境和可持续发展的意识。
组织管理领导能力	掌握组织领导原则并能实践这些原则,有能力组织协调工程的实施,并处理工程活动中的可能冲突。
团队协作能力	具备良好的团队内部合作精神,熟知团队合作中成员的分工以及个体的角色。
交流沟通能力	具有良好的语言和文字的沟通和交流能力,并具备国际视野的跨文化交流能力。
社会协调能力	熟悉工程与外部组织的合作或对抗等角色关系,能够正确对待、处理和协调好与公众、政府、媒体等外部关系,特别是要具有危机处理能力。
终身学习能力	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。

随着国际上制造业的分工,中国已经成为世界上制造业最全的国家,制造业带来的安全事故、环境风险和生态破坏成为制约工业健康发展的最重要的因素。中国提出了“生态文明建设”思想,以生态文明思想为指导,提出了“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念。全国生态环境保护大会的召开,更是将生态环境保护提到了前所未有的高度,可持续发展的理念成为生态文明指导下工程教育的不可或缺的内容。可持续发展理念也被很多国家和地区的学者重视,被 ABET 和《华盛顿协议》专业认证都列为非技术能力的指标要求中。^[7-9]国际上关于工程师的伦理规范中也不

约而同地提出“将公众的安全、健康和福祉置于首位”。对于环境工程专业的从业者来说,安全、环境和健康的意识和判断能力更为重要。

综合以上的分析,从大工程的哲学视角看^[7],考虑现代工程面临着自动化、信息化、动态化、智能化等的需求,高素质的工程人才教育需要考虑以下九个方面非技术能力的培养:哲学意识和价值观、伦理判断能力、系统思考决策能力、可持续发展理念、组织管理领导能力、团队协作能力、交流沟通能力、社会协调能力、终身学习能力。

2. 毕业要求与非技术能力指标。

我国 2017 年版《工程教育认证标准》和环境工程专业的补充标准针对 12 条毕业要求进行了详细的内涵解读,涉及非技术能力的汇总如表 2 所示。

表 2 涉及非技术能力的毕业要求

编号	毕业要求	指标内涵	非技术能力
第三条	设计/开发解决方案	能够设计针对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)或工艺流程,并能够在设计环节中体现创新意识,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素	系统思考决策能力 伦理判断能力 可持续发展理念
第六条	工程与社会	能够基于工程相关背景知识进行合理分析,评价专业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	系统思考决策能力 伦理判断能力 可持续发展能力
第七条	环境和可持续发展	能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响	伦理判断能力 可持续发展理念
第八条	职业规范	具有人文社会科学素养、社会责任感,能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范,履行责任	哲学意识与价值观 伦理判断能力
第九条	个人和团队	能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色	团队协作能力
第十条	沟通	能够就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	交流沟通能力 社会协调能力
第十一条	项目管理	理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,能在多学科环境中应用	系统思考决策能力 组织管理领导能力
第十二条	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	哲学意识与价值观 终身学习能力

其中第三条(设计/开发解决方案)、第六条(工程与社会)、第七条(环境和可持续发展)、第十一条(项目管理)是非技术能力与技术能力的融合;而第八条(职业规范)、第九条(个人与团队)、第十条(沟通)、第十二条(终身学习)是非技术能

力的专项要求。与毕业要求相对应的教学活动需要考虑对非技术能力达成的支撑,同时在评价毕业要求达成时需要考虑非技术能力的特点。

二、非技术能力指标支撑的教学环节

1. 毕业要求 3“设计/开发解决方案”。

为了支撑毕业要求 3 中“考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素”的达成,不同高校选择的教学环节的安排也很不相同。对十几所高校进行调研分析后,发现目前有以下几种模式支撑:“环境管理相关课程+课程设计”“环境管理相关课程+实验课程”“环境管理相关课程”“环境管理相关课程+化工过程安全”“毕业设计(论文)+环境管理相关课程”“毕业设计(论文)+专业课程”“课程设计”等。

环境管理相关课程包括环境管理系统认证、环境影响评价、环境规划与管理、环境经济学、环境法学、企业环境健康安全风险管理等。课程设计一般包括水污染控制工程课程设计、大气污染控制工程课程设计、固体废物处理与处置工程课程设计、环境工程设计、毕业设计(论文)等中的一门课程或者几门课程。实验课程则是化学实验、化工原理实验、环境监测实验等中的一门或者几门组合支撑。对应“社会、健康、安全、法律、文化以及环境”的要求,目前比较缺失的是安全、健康和文化的知识点。

从这几种方式看,“环境管理相关课程+课程设计/毕业设计(论文)+x”的组合模式是比较合适的选择,其中 x 可以是设计或者实验课程或者设计与实验课程的组合,但是环境管理相关课程需要覆盖社会、健康、安全、法律、文化以及环境的内容,体现“伦理判断能力、系统思考决策能力、可持续发展能力”等非技术能力的培养,这需要在教学大纲中体现。目前有些高校设计的教学环节总体上不够完整,显得知识点比较分散,难以有效支撑非技术能力的达成。

2. 毕业要求 6“工程与社会”。

毕业要求 6“工程与社会”中“评价专业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”的达成,除了需要评价方法支撑外,关键是如何落实理解和承担的责任。根据调研,大部分高校选择支撑的教学环节是围绕环境影响评价和(或)环境规划与管理+实习和(或)毕业设计(论文)构建的,有的学校选择增设工程环境系统评估与设计、

环境工程技术经济、化工过程安全等特色课程支撑毕业要求达成。不过限于不同高校的专业背景不同,支撑的教学环节也不同,涉及到思想道德修养与法律基础、马克思主义基本原理、管道工程、专业导论、大气污染控制工程、固体废物处理与处置、水污染控制工程、物理性污染控制、大气污染控制工程、钢筋混凝土结构、环境学导论、生态学、土壤环境学、环保设备与构筑物设计、清洁生产导论、环境管理学、环境经济学、辐射防护基础、环境监测学等。

结合该毕业要求蕴含的“系统思考决策能力”“伦理判断能力”“可持续发展能力”的要求,环境规划与管理或者环境评价的课程是有效的教学环节。目前看来一是明显缺少安全的内容,有的高校是通过引用国家精品在线开放课程企业环境健康安全健康管理或者化工安全工程来支撑,但很多高校是缺失这方面课程。二是目前高校选择多门选修课来支持这一毕业要求,造成无法覆盖全体学生,难以支撑毕业要求的达成。

3. 毕业要求 7“环境和可持续发展”。

毕业要求 7“环境和可持续发展”指的是“能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境、社会可持续发展的影响”。在调研的高校中,普遍采用的是环境影响评价相关课程支撑,部分高校也将马克思主义基本原理、毛泽东思想与中国特色社会主义理论体系概论、思想道德修养与法律基础、企业环境健康安全风险管理、形势与政策结合在一起。还有一些高校是将毕业设计、生产实习等实践环节纳入支撑环节。这方面是实施课程思政的一个重要的契合点,依托环境与可持续发展理念的推广,结合我国生态文明建设思想的融入,体现出对环境和可持续发展的重视。

4. 毕业要求 8“职业规范”。

毕业要求 8“职业规范”是指“具有人文社会科学素养、社会责任感,能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范,履行责任”。这条毕业要求考察的是“哲学意识与价值观伦理判断能力”。目前高校的支撑教学环节主要是围绕马克思主义基本原理、毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论、思想道德修养与法律基础、中国近现代史纲要等思政课支撑,辅以就业指导、实习(设计)、职业规划、军事理论或者其他人文社科通识教育课程模块支撑。这些课程对于塑造学生价值观是很有必要,也是有效的,能体现出培养社会

主义核心价值观的接班人的需求。

5. 毕业要求 9“个人和团队”。

毕业要求 9“个人和团队”指“能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色”的达成。这一项主要考察学生团队协作能力,应该说与课程本身有一定关系,但更重要的是教学方式和培训模式。即使如此,不同高校选择支撑的教学环节也有很大的不同,大部分高校选择实习环节作为支撑的教学环节,或者选择实习、课程设计、实验等环节支撑。这里关键的是考核方式,如何体现出在多学科背景下个人和团队的角色意识和工作能力。有的高校设置创新实践环节,实现全覆盖,突出集体完成;有的高校则在课程学习中实施小组作业、小组讨论、小组项目等形式培训团队合作精神;有的高校则以军事理论和军训作为达成的环节。诸多设计缺乏对多学科背景下的团队的认识和理解,所设置的教学环节中多学科的背景体现不够充分。如何利用学院的多学科背景推动创新创业、创新研究等交叉学科教学模块,可能是一条较为有效的途径。

6. 毕业要求 10“沟通”。

毕业要求 10“沟通”是指“能够就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”。该毕业要求的核心是交流沟通能力和社会协调能力,而且需要在不同文化背景下进行沟通。所有的高校将基础外语或专业外语作为必备的教学环节,体现出对跨文化交流中语言能力的训练。张世英等对工程类大学生跨文化交流能力进行调研中发现学生对英语学习主要出于工具性学习,而对跨文化内容不感兴趣。^[10]一部分高校将一些双语教学课程作为支撑,但可惜的是很多双语教学是选修课,很难覆盖所有的学生。关于交流沟通能力的培养,实习环节、毕业论文(设计)也被大部分高校专业所采用。其实,跨文化交流的能力不仅仅是运用英语能力,还在于跨文化意识、跨文化知识的了解,即了解不同文化或者不同国家的环境工程的相关情况以及差异性。因此在跨文化交流中应该更多地体现出环境的国际合作特点,学生应该有全球观,正如我国当前所倡导的“全球命运共同体”的全球观。具体的实现方式也是多种多样的,比如设置环境与发展、全球环境变化等相关的教学环节来提升学

生跨文化交流的能力。华东理工大学自 2017 年开始招收国际学生,开展全英文专业培养方案,从另一个方面提供了跨文化交流的渠道。从现状看,很多高校选择了一些课程或者设计,比如画法几何与工程制图或者专业课程,但需要有对应的教学方式的支撑。

7. 毕业要求 11“项目管理”。

毕业要求 11“项目管理”指“理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能在多学科环境中应用”。这项指标在很多高校中缺少专门的课程安排,也成为很多认证报告中常见的结论。项目管理的能力要着重具有系统思考决策能力和组织管理领导能力,这些能力需要具备项目管理中的管理学、经济学的基本知识。经过调研发现,近几年来,一些高校开始增加设置环境工程项目管理、环境工程概算、环境经济学、环境工程技术经济、工程项目经济评价、环境工程项目施工与管理等专门课程,一些高校延续利用环境规划与管理、环境影响评价等传统课程,强化知识点的达成。有一些高校的设置仍存在不合理性,比如管理概论和某专业课的课程设计支撑达成是不完整的。因此,项目管理的专门课程或者传统的环境规划与管理与课程设计或者毕业设计结合是该能力达成的有效支撑。

8. 毕业要求 12“终身学习”。

毕业要求 12“终身学习”指“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”。这个毕业要求的达成基本上都是以思政课程和实习(设计)等实践类教学环节相结合的方法支撑。为了体现出国际化的要求,很多高校还增加了英语的相关教学环节。

三、非技术能力指标达成度的评价方法

非技术能力指标的评价方法一般分为定性评价和定量评价,由于非技术能力中涉及知识掌握方面可以采用定量评价方法,比如采用考试成绩的方式来解决;但其他素质方面的能力评价很难量化,而定性方法成为主流。

1. 定量评价方法。

目前课程教学中越来越多的课程开始重视教学过程学生的表现所占分数的比重,根据对一些高校的调研,授课类教学环节中成绩由平时成绩(考勤、课堂讨论、作业、课程实验)和期末考试成绩组成,大部分期末考试成绩所占比重在 70%,甚至有的降低到 60%,以此突出过程评价。一般

情况下采用基于教学环节的定量评价,利用面向培养目标(毕业要求)而设计试卷,基于试卷卷面评分的得分来评价课程目标的达成情况。可以通过如下的公式进行计算。

课程目标 i 实际成绩 = (课堂讨论 + 习题作业)课程目标 i 成绩(百分制) × 课程目标 i 在所有课程目标所占比例(%) × 考核方式占总成绩比例(%) + 实验课程目标 i 成绩(百分制) × 课程目标 i 在所有课程目标所占比例(%) × 考核方式占总成绩比例(%) + 期末考试课程目标 i 成绩 × 考核方式占总成绩比例(%)。

2. 间接评价的方式。

目前的间接评价方式一般是采用问卷调查的方式,通过对同行、用人单位进行调查统计支撑毕业要求达成。但目前的问题是问卷的设计不够合理,随意性比较强,无法满足达成度的评价要求。基于教学过程评价的方法有如下方式:

教学过程中的间接评价方法可以采用形成性评价方式,特别是随着线上教学方式的不断推进,形成性评价方式成为可能。比如可以通过如表 3 所示的指标体系来构建形成性评价体系。一是考查学生在学习过程的参与度和参与过程;二是基于非技术能力的考虑设计自测问卷,请学生加入到自我测试中,追踪知识点的掌握程度;三是强化小组作业和案例教学,提高学生的案例分析和报告能力;四是通过设计一些过程跟踪的案例来评价能力的达成,比如郑刚等在一些机械工程专业的过程考核中取得了很好的经验^[11],通过课堂讨论案例引导学生树立正确的价值观、利益观和伦理道德观;通过团队合作项目等形式考核团队合作能力,通过课内课外分享答辩来考核其沟通交流能力;通过作业设置提高文献阅读等自我学习能力。对于环境工程专业来说,过程考核的专题设置非常容易,围绕生态文明建设思想的发展、国内外不同工业革命阶段的案例讨论、小组作业、课内实验等方式,强化过程考核方式,还可以从科学

表 3 形成性评价指标体系

评价维度	评价内容	评价维度	评价内容	课程前	课程中	课程后
学习投入度	学习时间	知识点掌握程度的自我评价	知识点 1	0~10	0~10	0~10
	登录次数		知识点 2			
	讨论参与度		知识点 3			
	提问次数		……			
学习过程	交互评分	……				
	小组作业	……				
	小组讨论	……				

性为中心的教育向应用性为中心的教育模式转变^[12],甚至可以引导学生强化信息化技术创新能力^[13],推动共同学习和实践的教学模式转变。总之,非技术能力的评价需要依靠过程评价,过程评价可以通过学生互评、教师评价、自我评价多途径,调动多方的参与,提高评价结果的合理性。

四、总结

(1) 支撑非技术能力相关的毕业要求达成的教学环节需要完善优化,结合非技术能力的特点设计教学环节,特别要关注跨文化交流及多学科环境应用的教学环节设计。引入课程思政,将工程教育与生态文明思想的教育有机融合。

(2) 非技术能力的教学环节中需要考虑具有工程哲学教学环节的设置,提高系统思考判断能力和伦理判断能力,实现非技术能力和技术能力的融合。

(3) 非技术能力达成评价需要考虑定量评价与定性评价的结合,特别是利用线上教学的手段,丰富和拓展形成性评价的方法,跟踪非技术能力的达成过程,提高毕业要求达成度。

参 考 文 献

[1] 王耀东,逢奉辉. 论卓越工程师的非技术能力[J]. 国家教育行政学院学报, 2012(11):23-26.
[2] 李伯聪. 工程与工程思维[J]. 科学, 2014(6):13-16+4.
[3] 李伯聪. 工程人才观和工程教育观的前世今生——工程教育哲学笔记之四[J]. 高等工程教育研究, 2019(4):5-18.

[4] SHUMAN L J, BESTERFIELD-SACRE M, MCGOURTY J. The ABET “Professional Skills”—Can they be taught? Can they be assessed? [J]. Journal of Engineering Education, 2005, 94(1): 41-55.
[5] 陶勇芳,商存慧,崔华华. 关于高等工科教育创新的探索[J]. 中国高教研究, 2005(1):55-57.
[6] 姚立根,王学文. 工程导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012:12.
[7] 李钢,冯勇,王建,等. 工程哲学视角下的大工程高级技术人才素质要求探究[J]. 中国现代教育装备, 2019(19):64-66.
[8] TEJEDOR, G, SEGALÀS J, ROSAS-CASALS M. Trans-disciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 175(20): 29-37.
[9] NYEMBA W, CARTER K F, MBOHWA C, et al. A systems thinking approach to collaborations for capacity building and sustainability in engineering education [J]. Procedia Manufacturing, 2019, 33: 732-739.
[10] 张世英,邱世凤. 工程类大学生跨文化英语交流能力现状及培养策略研究[J]. 教育与教学研究, 2017, 31(10): 38-45.
[11] 郑刚,周琼,张而耕,等. 基于过程考核的卓越工程师非技术能力培养模式探索[J]. 大学教育, 2018(4):137-139.
[12] SCHMITT T G, WILDERER P A. Environmental engineering education in Germany[J]. Water Science and Technology, 1996, 34(12):183-190.
[13] LEE P M, SULLIVAN W G. The use of multimedia support materials in engineering education[J]. Computers & Industrial Engineering, 1995, 29(1):65-69.

On Non-technical Capabilities in Engineering Education Accreditation

Xiu Guangli, Guo Yujie, Hou Limin

Abstract: The graduation requirements for non-technical capabilities in the engineering education accreditation system applied in Washington Accord are sorted in this paper. It also studies the current teaching methods training non-technical capabilities employed by environmental engineering in some universities, and analyzes how reasonable and measurable those teaching methods are. Based on the current achieving evaluation methods, this paper puts forward the formative assessment on the basis of process-examination, which can be combined with quantitative assessment of course teaching to improve the reliability of achieving evaluation.

Key words: engineering education; accreditation; non-technical capability; graduation requirements; teaching

(责任编辑 任令涛)