

新工科专业课程体系改革和课程建设

林 健

【摘 要】新工科的内涵及特征使得新工科专业课程体系改革和课程建设较其它专业而言难度更大、挑战度更高,使其成为新工科专业建设必须完成的一项关键性、全局性、系统性和复杂性的工作。本文基于新工科的内涵及特征,密切结合我国新工科建设的具体实际,充分考虑当前工程教育改革与发展中存在的问题,借鉴发达国家工程教育改革的成功经验,依次重点分析和研究新工科专业课程体系改革和课程建设中的主要任务和核心工作,以期为我国高校新工科专业课程体系改革和课程建设提供借鉴和参考,为卓越工程人才培养奠定重要的基础。

【关键词】新工科专业 课程体系 课程建设 培养标准 培养目标 教学内容

课程体系及其课程是人才培养的主要载体,是专业培养方案的核心内容,关系到人才培养目标的实现和专业培养标准的落实。新工科的内涵及特征使得新工科专业课程体系改革和课程建设较其它专业而言难度更大、挑战度更高,使其成为新工科专业建设必须完成的一项关键性、全局性、系统性和复杂性的工作,也将成为我国高等教育其它学科专业课程体系改革和课程建设的引领和示范。

新工科专业课程体系改革和课程建设需要兼顾好四方面的关系:一是既要充分考虑新工科专业的工程教育属性,又不能忽视其高等教育属性;二是既要满足新工科专业建设的总体要求,又要注重不同高校新工科专业优势和特色的发挥;三是既要适应当前行业产业发展的变化,更要满足未来行业产业发展的需求;四是既要学习借鉴发达国家的成功经验,更要结合我国工程教育发展和高校的具体实际。

本文基于新工科的内涵及特征^[1],密切结合我国新工科建设的具体实际,充分考虑当前工程教育改革与发展中存在的问题,借鉴发达国家工程教育改革的成功经验,依次重点分析和研究新工科专业课程体系改革和课程建设中的主要任务和核心工作,包括新工科专业课程体系的设计,新工科专业课程体系的建设,新工科专业课程建设的重点,新工科专业课程建设的其它重要方面,新

工科专业课程教学内容的改革与更新等,以期为我国高校新工科专业课程体系改革和课程建设提供借鉴和参考,为卓越工程人才培养奠定重要的基础。

一、新工科专业课程体系的设计

(一)课程体系的取向。

“卓越工程师教育培养计划”(以下简称“卓越计划”)1.0 提出了满足卓越工程师培养需要的课程体系应当具备四个方面的价值取向:① 满足培养目标需要的根本价值;② 体现学科专业领域整体的继承和发展价值;③ 反映高校人才培养独有的特色价值;④ 体现学生主体发展的最终价值。^[2]作为“卓越计划”2.0,新工科专业课程体系的价值取向应该增加“⑤ 适应经济社会发展的未来价值”,这是由新工科的内涵与特征及新工科建设的主要目标所决定的^[3],重点强调新工科专业课程体系改革要面向未来,要适应国家经济社会未来发展需要,体现培养未来卓越工程人才的价值,这也是“卓越计划”2.0 在“卓越计划”1.0 基础上的主要拓展之处。

在上述价值取向中需要专门强调的是“反映高校人才培养独有的特色价值”。这一价值取向要求新工科专业课程体系要能够做到:体现高校的教育理念,针对高校的服务面向,突出高校的办学优势,强调高校的行业背景。这四方面决定着所高校课程体系具有区别于其它高校的特色之

收稿日期:2019-12-30

作者简介:林健,清华大学教育研究院教授、公共管理学博士生导师。

处,反过来说,一所高校的人才培养特色要通过其课程体系来体现,构建独具特色的课程体系应该成为每个新工科专业的努力追求。

课程体系的价值取向的实现要贯穿到新工科课程体系设计和建设的整个过程。也就是说,最终形成的课程体系要满足新工科专业人才培养目标的实现,要使学生系统全面地掌握新工科相关学科和专业领域的知识和精髓,要反映出每一所高校各自的工程人才培养特色,要满足学生自身的职业和终身发展需要,要适应经济社会发展对培养未来卓越工程人才的需要。

(二) 课程体系的构成要素。

新工科专业整个课程体系可以由通识教育和专业教育两部分组成。通识教育包括通识基础课程群和学科专业基础课程群,专业教育包括专业核心课程和专业拓展课程群,如图1所示。其中,除了专业核心课程外,其它三个课程群均由必修课和选修课构成。

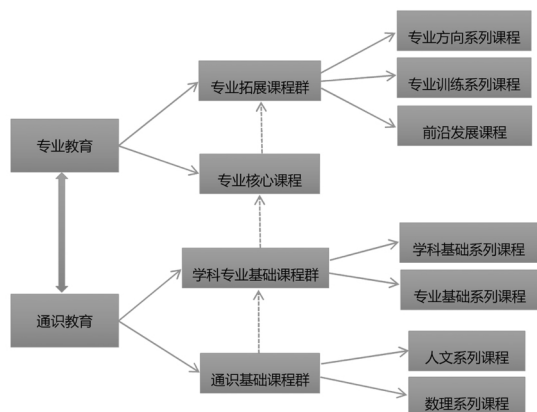


图1 新工科专业课程体系的构成要素

1. 通识教育部分。

通识基础课程群主要为新工科专业学生提供适应面广的人文社会科学、数学和计算机基础等课程,主要有“人文系列课程”和“数理系列课程”。该课程群注重培养学生的人文素养、团队合作精神和创新创业意识、社会责任感、家国情怀、全球视野以及数字化思维等。

学科专业基础课程群要从未来技术、产业和经济社会发展的角度为新工科专业人才提供宽广的学科基础和专业基础,主要有“学科基础系列课程”和“专业基础系列课程”。该课程群注重培养学生的团队合作意识、创新意识、现代工程意识、批判性思维、跨学科和系统思维、数字化能力等,并重视工程伦理和职业道德等方面的教育。

视工程伦理和职业道德等方面的教育。

2. 专业教育部分。

专业核心课程需要面向未来为新工科专业学生提供在本专业领域发展不可或缺的专业理论、方法和技术。这类课程应更具有系统性、方向性和综合性,往往需要较大的投入进行开发,包括需要在与课程内容相关学科领域方面有一定的研究成果,同时注重在课程中凸显本校在新工科专业上独具的特色。专业核心课程要注重培养学生的复杂工程问题解决能力、非结构化解决问题的能力、多学科团队协作能力、研究和开发能力以及创新能力等。

专业拓展课程群旨在为新工科专业学生的职业和个性发展提供宽阔的平台,主要由专业方向系列课程、专业训练系列课程和前沿发展课程组成。该课程群注重培养学生复杂工程问题解决能力、多学科团队协作能力、创新创业能力、动态适应能力、工程领导力、全球胜任力等。

(三) 模块化的课程体系。

模块化是现代课程体系建设的基本要求,模块化课程体系是指整个课程体系是由若干个完整的课程模块构成,每一个模块又由若干门课程组成,这些课程一般分为必修课和选修课两类,少数模块可以只有必修课或者都是选修课。模块化课程体系中模块的数量和大小的确定应以有利于新工科人才培养为准则,模块化课程体系的下述主要优点十分迎合新工科专业课程体系改革的需要。

(1) 能够在模块内实现多门课程的交叉整合。课程模块的设计和不受学科专业领域界限的限制,不同学科专业的课程能够简单地组合在同一模块内,这就使得那些难以整合重组成一门课程的多门课程可以在一个课程模块内通过选课的组合实现在学习过程中的交叉或整合。

(2) 可以满足学生的全面发展和个性发展需要。既可以设计覆盖面广、跨越多个学科专业的通识教育系列课程模块,以满足学生全面发展的需要;又可以设计由不同专业方向组成的专业方向系列课程模块,以支持学生的个性化发展。

(3) 具有很强的适应性、开放性和实用性。课程体系内每个模块具有各自的功能,模块之间相对独立,因此,对一个或几个模块进行调整和修改不会影响其它模块和各个模块之间的关系,这就能够对课程体系及时进行调整、充实和更新。

(4) 每个课程模块的目标明确、学生容易实现。这不仅有利于增强学生的学习热情和信心,提高学习的积极性,增强学习效果;也有利于学生尽可能多地选择感兴趣和需要的课程模块学习,实现课程模块选择的多样化。

(5) 每个课程模块是相互独立、功能各异的课程实施与评价单位。可以在不影响其它课程模块的情况下,针对经济社会发展的需要、行业产业的未来变化以及新工科相关学科的发展,对相关课程模块内的课程设置进行调整,或对课程教学内容进行完善、充实和更新。

(四) 培养标准的分解落实。

新工科专业人才培养目标的实现必须通过培养标准的实现来完成,而培养标准的实现需要课程体系的有效支撑和每一门课程的具体贡献。在课程体系设计阶段,需要采取“自顶向下”的方式,通过以下步骤将培养标准逐层分解,最后落实到每门课程上。

步骤 1: 将专业培养标准逐条整理或分解(如果需要)成若干条在内涵上相对独立的条目,使各条目能够作为课程模块的目标,从而确定出构成课程体系的课程模块;

步骤 2: 将培养标准各条目落实到相应的课

程模块作为课程模块目标,并根据其在整个培养标准中的重要性程度确定各模块的课时或学分比重;

步骤 3: 将每个课程模块目标进一步分解成在要求上相对独立的标准点,使得一个或几个标准点能够作为一门课程的目标,从而确定组成每个课程模块的各门课程及其目标。

培养标准的整理或分解细化中,强调相对独立的条目和标准点的主要目的是避免各个课程模块之间所设课程的重复和模块内各门课程之间教学内容的重复。

新工科专业课程模块建设的重心在于各个课程模块内每门课程的建设,而每门课程建设的核心在于根据课程目标选择课程教学内容,以保证分解细化后的培养标准的最终落实。因此,每门课程的课程目标既是对该课程的培养要求,也是对该课程的考核要求。

新工科专业培养标准的分解落实过程如图 2 所示。通过图 2,可以进一步看出课程与培养标准之间存在如下密切关系。

(1) 每一门课程能够为多条培养标准的实现做贡献。一门课程的功用是多元的,这不仅是因为课程目标可能源于多条培养标准,担负着不同

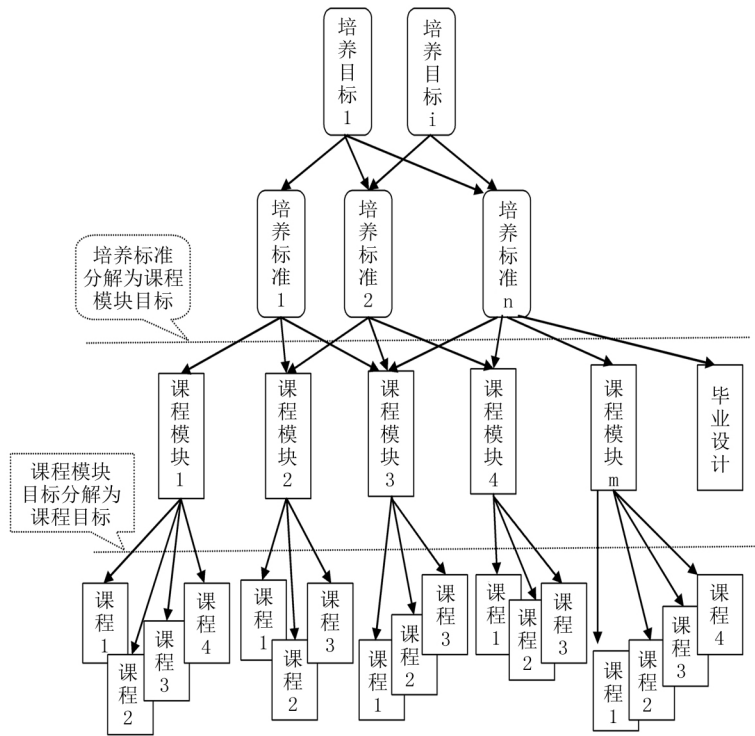


图 2 新工科专业培养标准的分解落实

程度上实现相关培养标准的任务,而且还由于该课程作为先导课程的延续和后续课程的基础,发挥着“承前启后”的作用,因此,也间接为其它培养标准的实现做贡献。

(2) 一条培养标准的实现需要多门课程按照一定逻辑顺序的有效实施才能达到。一条培养标准的实现即使可以以一门课程的实施为主,但仍然需要多门关联课程按照一定逻辑顺序的连续实施,通过这些课程的相互配合、持续作用和不断强化,以最终达成该条培养标准。事实上,在课程体系设计时,往往将这几门关联的课程置于一个课程模块之中,以共同实现某条培养标准。

课程体系的设计和建设离不开企业或行业专家的参与。企业或行业专家不仅最清楚当前和未来社会对工程人才的需求,包括人才层次、类型、结构和规格等,而且十分清楚目前高校工科毕业生在知识、能力和素质上存在的不足和需要完善的地方,因此,他们的参与不仅能够对专业培养目标和培养标准提出更加符合实际的建议和意见,而且能够对培养方案、课程设置、教学内容、理论联系实际、学校与企业结合等提出切合实际的建议和意见。

还需要注意的是,承载着培养标准的课程体系只有通过其中每一门课程的有效实施才能最终实现培养标准,而一门课程的有效实施至少需要做到的两点:① 必须采用与课程教学内容相适应的教学组织形式和教学方法;② 需要有与教学内容和教学方式相应的评价方式,以检验一门课程的实施是否达到预期效果。

(五) 新工科专业课程体系的形成。

在图1所示新工科专业课程体系的构成要素的基础上,通过图2所示的新工科专业培养标准的逐步分解和详实具体的落实过程,包括根据培养标准的分解情况确定课程模块、按照课程模块目标的分解确定构成模块的各门课程等,就能够形成新工科专业完整的课程体系。

在通识基础课程群中,人文系列课程可以由几个课程模块构成,主要包括人文科学、社会科学、经济管理、思想政治、外国语言、体育军事等课程;构成数理系列课程的模块主要包括高等数学、工程数学、概率统计、计算机基础等方面的课程。

在学科专业基础课程群中,构成学科基础系列课程的模块要为新工科专业学生的长远发展提供坚实的学科和科学基础,应该主要由与新工科

专业相关的各学科的基础的核心课程组成;构成专业基础系列课程的模块要从新生专业未来的发展和变化两方面为学生的职业发展提供大类专业基础和专业方向基础,因此应该包括大类专业共享的基础性课程和各个可能专业方向需要的基础课程。

专业核心课程是由新工科专业的核心知识体系所构成,可以有1~2个课程模块,由少量精品课程组成,主要涉及本专业领域发展最核心的知识、原理、规律和方法等。

在专业拓展课程群中,专业方向系列的若干模块由新工科专业未来发展的多个可能的、潜在的方向模块组成,每个专业方向的确定需要对新技术和未来产业发展的研究和预测,每个模块有若干骨干课程支撑;构成专业训练系列的模块可能包括以实践和设计为主的综合训练、以项目研究和开发为主的工程训练、以交叉学科问题和复杂性问题的研究对象的科研训练;前沿发展课程模块关注的是新工科专业未来发展的前沿领域,重点在新工科专业的发展趋势、最新理论方法和前沿技术等方面内容。

新工科专业课程体系具有多样性的特征,表现在每一个新工科专业的课程体系没有统一的模式,包括构成课程体系的模块数量、每个模块内课程门数、各个模块在整个课程体系中的学时比重等,这一特征要求:新工科专业课程体系的改革不能简单地复制其它专业甚至其它高校相同专业的课程体系,而应该以实现本专业培养目标和培养标准为根本进行课程体系的设计和建设。

二、新工科专业课程体系建设

新工科专业课程体系建设是按照前文设计好的架构开展,在建设过程中可能遇到的主要问题包括:通识教育课程与专业教育课程的联系;理论课程与实践课程的结合;将创新能力培养贯穿于整个课程体系;合作共建课程模块等。

(一) 通识教育课程与专业教育课程的联系。

通识性和专业性的矛盾是大学课程的基本矛盾之一,通识教育与专业教育的人为隔离且各自为政是目前我国高校普遍存在的一种现象。一方面,专业教育改革的参与者往往仅是从事专业教育的教师,鲜见从事通识教育的教师参与;另一方面,从事通识教育的教师在时间和主观上没能投入更多的时间精力熟悉和了解所教各专业的性质和要求。然而,在新工科专业课程体系建设中,

应该针对通识教育和专业教育不同的价值取向,注重二者的紧密衔接,重视二者的相互融合,以支持新工科专业培养目标和培养标准的实现。

通识教育课程在知识内容上具有比较明显的跨学科和专业的特点,强调基础知识、技能和素质的综合性,对学生基本知识的学习、基本技能的掌握、基本素质的提升、价值观的形成和人的全面发展具有根本的作用。专业教育课程聚焦本学科专业领域知识体系的传承和发展,强调专业知识和能力的系统性和完整性,注重专业知识的学习、专业能力的培养、社会能力的加强、综合素质的提升,在培养高素质专业人才上具有主导作用。

新工科专业多学科交叉融合要求注重通识教育课程与专业教育课程之间的紧密衔接。一方面要使通识教育课程为专业教育课程的实施打下基础,使其在人文知识传授、个性品质训练、公民意识陶冶、核心价值观形成等方面成为开展专业教育的前提;另一方面要使专业教育课程不仅是专业知识的传授、专业能力的培养和训练,而且是在通识教育课程基础上学生综合能力培养和全面素质提升的延续。

新工科专业多学科交叉融合强调重视通识教育课程与专业教育课程之间的相互融合。一方面两者之间的相互融合能够促进相关知识的一体化,有利于形成将知识学习、能力培养和素质提升融为一体的培养方式,提高人才培养的效率;另一方面两者之间的相互融合能够加强两类教师之间的交流与合作,促进通识教育课程和专业教育课程的建设,在优势互补的过程中更加聚焦培养标准的实现,降低人才培养成本。

(二) 理论课程与实践课程的结合。

重理论轻实践仍然是目前我国高校在工程教育上存在的另一普遍问题。现实情况是:课程体系充满理论课程,理论学习效果不佳;实践环节课时不足,学生实践创新能力难以达标。因此,在新工科专业课程体系建设中,要注重理论课程与实践课程的结合,提高理论课程学习效果,提升学生的工程实践能力。

(1) 要借助现代信息技术、优质教育资源和先进教学方式,减少理论课程的课时数,增加实践课程的课时数,保证实践类课程在总学分中占足够比例;

(2) 对每一门理论课程,尤其是核心课程,应该提出对实践环节的明确要求,包括与之关联的

实践课程或实践类型、实践课程实施方式及所需的实践课时等;

(3) 在完成每个课程模块内课程的教学任务后,应该有综合性实验或相关实践环节,以促进课程模块中各门课程理论知识的交叉复合及整体应用;

(4) 除了必要的验证性实验外,综合性、设计性和研究性实验应成为实践课程教学的主要部分,使课堂教学内容能够整体地、系统地和创新性地得到应用;

(5) 要加大对实践教育教学资源的投入,开放各种科研资源,尤其是校内外不同层次的科研实验室、研发基地和创新平台,以满足实践课程教学和学生自主开展实践活动的需要。

(三) 将创新能力的培养贯穿于整个课程体系。

创新能力培养是衡量一所高校人才培养质量的关键因素,新工科专业人才培养更是如此。虽然新工科专业的每一门课程均有来自培养标准分解细化后形成的课程目标,但是基于新工科的属性和特征,所有课程,不论是通识课程还是专业课程,均应该注重对学生创新能力的培养,这不仅仅是因为创新能力是包括新工科人才在内的各级各类人才的一项核心能力,也是因为创新能力的培养需要贯穿于人才培养全过程,需要课程体系内各门课程的共同努力。

创新能力是现代社会对人才的普遍要求,是一种复杂的能力,主要是由知识视野、创新意识、创新思维、创新技能和创新素质等要素构成并相互作用而形成的综合能力。^[4]新工科专业的每一门课程在实现本课程目标的同时,要根据各自在整个课程体系中的定位以及与前导课程和后续课程的逻辑关系,明确本课程在学生创新能力培养上的责任,努力在创新能力的一个或多个构成要素的形成和培养上做出应有的贡献。

总体而言,通识教育类课程应该在学生的知识视野、创新意识和创新思维上发挥重要作用。在课程教学内容的选择上要突破以往的主要由人文社会科学基本知识和原理作为课程内容的做法,首先,从丰富知识和开拓视野的角度,注重从多个不同学科中选择多元知识,从各种不同角度展示科学技术发展的进程,为学生创新能力其它要素的培养奠定基础;其次,从培养和形成学生创新意识的角度,将中华民族的发展与个人的理想

愿望结合起来,培养学生的价值追求、兴趣爱好、求知欲望和好奇心态,从认识、思想和意念上形成不断追求创新的精神态势;第三,从训练和培养学生创新思维的角度,尽可能让学生了解、熟悉甚至掌握各种不同的思维方式、不同学科解决问题的思路、方式、方法和途径,为创新思维的培育和逐渐形成打下坚实的基础。

专业教育类课程应该在通识教育类课程的基础上,在学生的创新思维、创新技能和创新素质培养上发挥重要作用。进入专业教育阶段,学习和研究对象更加具体和明确,学习环境会拓展到实验室、实训基地和工业企业,对创新能力这三个要素的培养应该更有针对性。首先,在创新思维培养上,结合课程教学中涉及的各自工程问题,鼓励学生从与众不同的角度,综合运用各自思维方式,分析工程问题内部诸多因素的相互关系,抓住主要矛盾,提出解决问题的新思路、途径和方法;其次,在创新技能培养上,专业教育课程要注重以解决工程问题为平台,一方面使学生学习和掌握解决工程问题必需的各种现代的、先进的技术和手段,另一方面要使学生能够运用这些技术和手段成功地解决工程问题;第三,在创新素质培养上,专业教育课程教学应该尽可能推行研究性学习^[5],一方面锻炼和培养学生的信息获取、知识更新和终身学习能力,另一方面通过解决问题、分析案例和研究项目必需的团队合作,培养学生的组织管理能力、交流沟通能力、团队合作能力和关系协调能力等。

(四) 合作共建课程模块。

在课程体系建设过程中,往往重视了分工而忽视了合作,也就是说,对于具体某门课程的建设,由于分工到位、责任到人,基本上能够保证该门课程的质量,但是,课程之间的相互关系和作用,尤其是关系到课程模块目标实现的课程模块的建设往往得不到重视,因此,每门课程的“优”难以形成所在课程模块的“整体最优”。在新工科专业建设中,由于涉及更多的学科专业教师,这种情况更加凸显,所以,合作共建课程模块就成为新工科专业课程体系建设的需要重视的又一问题。

合作共建课程模块的主要任务有五:一是审视课程模块目标的分解和模块内课程的设置和构成,以进一步确定目标分解的合理性和课程设置的有效性;二是确定模块内课程之间的逻辑关系及相互作用,以明确每门课程在模块中的作用和

定位;三是平衡模块内课程之间的教学内容,避免出现交叉重复的现象;四是联合开发模块内难度大、需要多方合作的多学科交叉课程;五是评价和审定每门课程建设的质量。

参与合作共建课程模块的人员应该包括:①课程模块建设负责人;②每门课程建设负责人;③课程模块涉及的相关学科专业教师;④行业企业领域相关专业的专家。作为合作共建团队的召集者,课程模块建设负责人需要与参与人员保持密切的沟通,开展经常性的交流,研讨模块建设过程中可能出现的问题,既保证每门课程按照各自目标要求建设,又要落实模块内各门课程的定位及其相互关系,还要保证所有课程均围绕着模块目标要求建设。

(五) 课程体系改革成功的关键要素。

事实上,课程体系改革是一项复杂的系统工程,改革能否成功主要取决于以下六方面关键要素。

(1) 培养目标:面向未来准确的新工科专业人才培养目标定位;

(2) 培养标准:实现培养目标的新工科专业人才培养标准(毕业要求);

(3) 标准落实:培养标准都能够完全落实到课程之中,作为课程教学目标,由此形成课程目标体系;

(4) 教学方法:每门课程的教学方法能够有效地支持课程教学目标的实现;

(5) 评价方法:每门课程的评价方法具有针对性,能够准确评价课程教学目标的实现情况;

(6) 重视投入:需要任课教师、专业负责人、教务部门管理人员的高度重视和投入。

三、新工科专业课程建设的重点

新工科专业课程建设的重点应该围绕着当前我国工科专业在课程建设上存在的问题展开。我国高校工科专业,尤其是开设时间较长的专业,在课程建设上普遍存在六方面的问题:一是仅用增设不同学科专业课程的方式反映现有学科专业的发展受到其它学科的影响,而不是采取与其它学科专业课程交叉融合的方式,从本质上反映现有学科专业与其它学科的融合发展;二是课程细分,构成课程体系的基本上都是不超过2学分的众多课程,这既容易造成学科专业知识体系的人为分割,又容易使得每门课程没有足够的课时围绕课程目标进行系统深入的探究;三是课程之间存在

着内容重复交叉的现象,“时髦”的内容容易出现在不同课程中,使得原本紧张的总课时愈发捉襟见肘;四是课程教学实际效果与课程目标及行业企业的期盼存在明显差距;五是课程教学内容主要是对已有成熟知识理论的讲授,而缺乏对前沿性问题和针对性问题的分析和挑战;六是课程教学内容往往缺乏与实践教学环节或现实和实际问题的密切结合。

上述第一方面问题可以通过课程的交融性得以解决,第二、三方面的问题可以通过课程的综合化予以解决,第四方面的问题可以通过课程的项目化得到解决;第五方面的问题需要注重课程的挑战性,第六方面的问题需要重视课程的应用性和实践性。

(一) 课程的交融性。

多数新工科专业的课程需要通过交叉融合多学科专业的知识、原理和方法等而形成,体现出课程的交融性,这是由新工科交融性和跨界性的特征所决定的。^[6]课程的多学科交叉融合不是对相关学科专业现有课程的简单“拼盘”或叠加,而是需要按照实现课程目标的需要,或者对相关课程内容进行交叉或融合,或者开发全新的课程。这里相关课程的交叉主要指的是对这些课程教学内容进行相互渗透、整合、重组和优化;相关课程的融合则指的是对这些课程教学内容先进行交叉,而后相互渗透,最后实质性地融合成新的课程;全新课程的开发是针对已经基本成熟的新的专业方向或领域,需要在这些方向或领域有一定的研究积累和成果,足以成为课程的核心内容。

不同类型新工科专业的课程建设需要根据各类专业的性质特征开展。新型工科专业的课程建设需要在传统工科专业课程的基础上融入与改造、转型和升级传统工科专业所需要和关联的各种理念、知识、理论和技术等,如信息技术、人工智能、互联网技术等。新生工科专业的课程建设则往往需要对构成新生专业相关学科和专业的同类课程进行交叉并融合,其中,由不同工程学科专业交叉融合形成的新生工科专业的课程就需要对这些学科专业原有的同类课程进行整合重组,由工科专业与其它学科交叉融合形成的新生工科专业的课程就需要将该工科专业原有课程与其它学科专业的课程进行对应的交叉融合;需要指出的是,新生工科专业的性质特征决定着其课程建设不可能全部由相关学科专业课程交叉融合而成,如核

心课程的建设,因此还需要考虑开发全新的课程。新兴工科专业的课程建设需要围绕着新技术产业化这一主线开展研究,研究基于该项新技术的新产业的形成过程及所兴起的新学科,找到新学科与现有学科可能的背景关系,明确新学科的内涵、构成和特征,在此基础上开展课程建设。

在具体开展新工科专业课程建设时需要注意几点:① 一门课程的多学科交叉融合往往不可能一蹴而就,是需要通过多次努力、逐步逼近、经历先整合重组、再交叉渗透、最终才能实现实质性融合;② 对于具有明显学科专业界限的多门课程的整合重组或交叉融合需要有来自不同学科专业的教师组成多学科教学团队共同努力;③ 每门课程建设不是孤立的行为,既要重视先修课程对本课程的基础和支撑作用,也要重视后续课程对本课程的延伸和深入作用;④ 新工科的发展性特征^[7]决定着新工科每门课程的内容需要根据学科专业和相关产业的发展变化而予以动态的、及时地更新和超前调整。

(二) 课程的综合化。

新工科课程建设需要重视课程的综合化。课程的综合化是世界一流大学课程建设和改革的重点,目的在于将解决一类工程问题所需要的知识、方法和技术等内容整合成为一门综合性的课程,学生通过该门课程的学习不仅能够掌握解决该类工程问题必要的知识和方法,而且具备了解决该类问题的较为完整的能力,从而避免了以往课程学习只注重专业部分知识的学习,而忽视了相关方面必须的能力培养的现象,对于提高课程学习效果,尤其是培养学生解决一类工程问题的能力具有显著的作用。根据新工科专业建设的需要,课程的综合化可以分别从原有课程的整合和新课程的建设两方面来实现:① 将原有课程内容相互关联的两门及以上课程通过相互渗透融合后整合重组成为一门新的综合性课程;② 按照实现新工科专业培养标准的需要建设覆盖面较广的全新的综合化课程,包括工程学科与人文科学和社会科学的融合贯通等。

综合化的课程有三个特点:① 课程内容不存在人为割裂的现象,有利于学生系统完整地学习解决复杂工程问题所需要的理论、方法和技术;② 能够更好地将课堂理论学习与课外实践运用相结合,有利于培养学生复杂工程问题解决能力^[8];③ 支持实施研究性学习等参与式教学方法,在教学

过程中探究复杂工程问题、分析实际工程案例以及开展基于项目的学习,有利于培养学生多方面能力。^[9]课程的综合化对新工科专业建设的重要性表现在五方面:①从产业角度看,需要将过去多个不关联的产业环节整合成一个相互关联的共同体,以满足新产业、新业态和新模式的发展;②从课程建设看,构成新工科专业的原有学科专业较多,需要对相互关联的课程进行合并、整合、重组和优化,一方面避免原有课程之间教学内容的重复,另一方面减少讲授相同课程内容所需要的课时,为其它课程的开设留出学时;③从教学效果看,综合化后的课程能够避免学生碎片化地学习知识,使学生能够系统、完整、全面地掌握工程领域的基本知识、基本原理和基本规律,既有利于提高学生的学习效果,又有利于学生综合运用课程内容解决问题;④从能力培养看,综合化后的课程有利于扩大学生的思维空间,培养系统思维和整体思维以及解决复杂问题的综合能力;⑤从应用角度看,能够在课程教学中探究复杂工程问题和现实实际问题的解决,将理论学习与实践应用相结合。

课程的综合化需要多位教师构成的课程建设组来完成。对这些教师的要求是:①明确课程目标,将其作为课程内容选择和综合化的依据;②对课程相关内容有一定的研究积累或成果,尤其在新工科学科方向上,这样能够将研究成果充实到课程中;③富有团队合作精神,在共同分析和研讨的基础上决定课程内容的选择,而不是过于强调自己原先主讲而将被整合的课程。

综合化课程与以往的课程在实施上的区别在于:①课程学时较长,一般需要跨学期,甚至要三个学期完成;②往往需要多位教师分工合作才能够完成课程教学任务;③在实施过程中需要为学生提供配合教学内容开展实践活动的教育教学资源。

(三) 课程的项目化。

工程师面临的是真实的客观世界,要解决的是当前和未来的实际工程问题,工程教育的目的是培养学生解决实际复杂工程问题的能力以及设计和创造未来世界的创新创造能力。事实上,项目是各种当前和未来复杂工程问题的集合体,因此,以解决项目问题为目标任务,在完成项目的过程中实现课程目标,即培养学生的工程能力和综合素质,是践行“做中学”教育理念,培养新工科人

才的最有效的形式之一。

从课程建设角度,课程的项目化应该成为当前和今后新工科专业课程建设的重点之一,尤其是对那些承担专业教育任务的课程。所谓课程的项目化指的是课程是以项目为基础或以项目为中心进行建设和组织实施的。其中“以项目为基础”是将“项目”作为课程设计的基础,学生通过参与项目,以实际问题为导向,获得多学科知识,培养工程能力,提升综合素质;“以项目为中心”则将“项目”作为课程设计和实施的中心,课程的设计是以解决项目问题为目标,课程的实施是在项目的真实情境下围绕完成项目任务而开展,学生在完成项目任务的同时实现了课程目标。二者的关系和区别如表1所示。

表1 “以项目为基础”与“以项目为中心”的课程比较

	以项目为基础	以项目为中心
项目的性质	实际工程问题/简单工程项目	实际工程项目
项目的作用	支持课程目标实现	保证课程目标实现
学习情境	人工或真实情境	真实情境
学习方式	自学+授课	自学+辅导
对学生的要求	较强的自学能力 团队合作能力	较强的自学能力 一定的工程能力 团队合作能力
学习时间	课外投入时间较多	课外投入大量时间
目标追求	实现课程目标	实现课程目标 更加符合企业要求
对教师的要求	具有工程实践经验 具备解决复杂工程 问题的能力	丰富的工程实践经验 具备解决各类复杂 工程问题的能力

以项目为基础的课程项目化的本质是基于问题、案例和项目的学习,即研究性学习^[10],在我国已经推行多年,并取得了可喜的成果,但也存在一些问题:①用于研究性学习的实际工程项目偏少,而问题和案例往往不是源于工程实践或企业实际;②主导研究性学习的教师自身的工程实践经历不足,解决复杂工程问题的能力有限;③教师之间缺乏合作,学科之间交叉不足。

以项目为中心的课程项目化在麻省理工学院得到有效实施并取得良好的反馈^[11],其本质是在研究性学习的基础上,中心化实际工程项目在工程人才培养上的作用,课程目标与完成项目直接挂钩,通过在真实的情境下完成高要求的真实的工程项目任务,使学生涉及更多学科领域,对多学科知识有更好的掌握,能够更全面地培养学生成为卓越工程师后备人才。

课程项目化的关键在于项目的选择:一是项目必须源于工程实践或企业实际,只有这样才能

使学生在解决真实的项目问题中得到培养和提高;二是项目必须是综合性复杂工程问题,涉及多学科交叉,需要综合运用多学科知识才能解决;三是项目任务的完成能够保证课程目标的实现。

这类课程的组织是对教师工程实践经历和复杂工程问题解决能力的真实检验。首先,要引导学生在循序渐进地解决问题的过程中,不断地学习和提高自己的知识储备;其次,要鼓励学生开展团队合作,在完成项目的过程中,培养社会能力和提升综合素质;第三,要激励学生在学习和掌握前人知识和经验的基础上,在真实的工程情境中密切结合工程项目的实际,批判性地借鉴并创新性地解决复杂工程问题。

(四) 课程的挑战性。

与发达国家高水平高校工科专业相比较,当前我国高校工科专业的课程普遍存在的问题有:① 课程难度不大,学得容易,忘得也快;② 学生普遍缺乏学习兴趣和动力,存在隐性逃课现象;课程教学效果与课程目标要求存在差距。造成这些现象的原因是多方面的,但就课程本身而言,缺乏挑战性是主要原因。

提高课程的挑战性是新工科课程建设需要高度重视的又一项工作。课程的挑战性指的是学生完成课程学习的难度、需要的投入和努力程度等。提高课程挑战性的主要目的有五:一是激发学生的学习兴趣,提高学习效果;二是激发学生挑战问题和困难的勇气;三是培养学生自主学习和终身学习能力;四是培养学生综合运用多学科知识解决复杂工程问题的能力;五是培养学生的创新能力和合作能力。

提高课程的挑战性既能够有效地挖掘青年学生的潜能,又能够满足他们的心理需求。青年学生不甘落后,乐于挑战问题和困难,期望能够超越前人,渴望彰显自身价值,因此,提高课程的挑战性能够充分调动学生学习的积极性和主动性,更好地达成培养标准、实现培养目标。

提高课程的挑战性可以通过增加以下四方面课程内容着手:一是前沿性内容,包括学科专业前沿问题、行业领域前沿发展问题、工业企业未来发展需求等;二是综合性内容,包括跨学科问题、综合性问题、依靠单一学科知识不能解决的问题、当前行业企业发展中的热点和难点问题等;三是研究性内容,包括需要运用工程科学和技术的原理、理论和方法等予以分析、研究才能解决的问题;四

是开放性问题,即问题和结果均是开放的,旨在最大限度地允许和鼓励学生不受限制地去探究和发现未知领域。

课程挑战性的难度或称课程挑战度的把握是课程能否取得预期成效的关键。这方面需要做好四方面的工作:一是把握学情,即充分了解选修本课程学生的认知水平以及分析和解决问题的能力,明确课程挑战的起点;二是确定平均挑战度,本着多数学生通过自身努力能够解决问题,即通过“跳起来能够摘到桃子”这一准则确定适合多数学生的课程平均挑战度;三是修正挑战度,通过提高和降低挑战度确定满足首尾两头学生的课程挑战度;四是调整挑战度,在课程实施过程中根据实际情况动态挑战不同层次学生的课程挑战度。

除了一般课程需要提高挑战性外,具有明显挑战性特征的课程类型主要有挑战性课程、多学科交叉研讨课、复杂工程问题/工程项目导向性课程等。

(五) 课程的应用性和实践性。

研究表明,即使用人单位参与了高校工程人才培养标准的制定,但二者对其内涵的理解上仍存在差异,这就使得高校培养的工程人才事实上并没有完全满足用人单位的要求,造成这样结果的主要原因在于高校开设的课程缺乏在真实工程问题上的应用性和在真实工程环境下的实践性,也就是说,高校课程教学采用的工程问题往往不是来自行业企业实际,学生解决工程问题的环境也不都是真实的实际环境。

新工科课程建设需要重视课程的应用性和实践性。这可从以下几方面着手落实:一是强调理论课程与实践及应用的结合,每门理论课程均有与之对应的联系实践及实际应用环节,使得学生在实践及应用过程中掌握理论、培养能力;二是注重采用源于行业企业实际的真实的工程问题、案例和项目推行研究性学习,以培养学生的工程素养、解决实际复杂工程问题的综合能力;三是重视学生企业阶段的学习,使学生在真实的企业环境下,学习企业先进技术和先进企业文化,深入采用企业工程实践活动,参与企业的技术创新和工程研发等活动;四是学生必须“真刀真枪”开展毕业设计,也就是说毕业设计选题必须源于行业企业现实和实际的工程问题或项目,毕业设计环节必须在企业进行。

重视课程的应用性和实践性还需要高校在学

校层面通过政策、机制和制度建设做好三项工作：一是改变工科教师教学投入不足及在一定程度上存在的重理论轻实践的局面；二是加大对工程实践教学教育资源的投入和加强对校外工程实践教学基地的建设；三是丰富高校教师的工程实践经历和提高教师解决实际复杂工程问题的能力。

四、新工科专业课程建设的其它重要方面

除了上述新工科专业课程建设的重点外，在新工科专业课程建设方面还需要建设好虚拟仿真实验课程，明确对毕业设计的要求、重视课程的创新性以及将科研引入课程等几方面工作。

（一）虚拟仿真实验课程。

虚拟仿真（Virtual Simulation）就是用仿真（或称模拟）技术模仿一个真实的或虚构的世界，以仿真的方式给用户创造一个实时反映实体对象变化和相互作用的三维虚拟世界，用户可以通过视觉、听觉和触觉等与虚拟世界进行交互，能够直接参与并探索仿真对象在所处的环境中的交互、变化及结果。虚拟仿真的互动性和逼真性给用户带来身临其境的存在感，使用户能够更加深刻、细致、动态地了解、发现、分析和研究实体对象内在的特征、性质及其规律，目前在娱乐、艺术、教育、规划、旅游、工程、医学等多种领域得到广泛应用。

新技术、新产业、新业态和新模式的发展给新工科相关专业实验课程建设带来挑战，包括真实条件不具备、实际运行困难、涉及高危或极端环境、破坏性、高成本、不可逆、高消耗、周期长的各种实验和实训，以及对前沿性、构想性、预测性事物的分析和研究等等，这些正是借助虚拟仿真技术的优势能够完成的。虚拟仿真实验具有真实体验感强、人机交互好、利用率高、容易维护、实验成本低、实验效率高、风险低等诸多优点，不仅能够帮助学生完成众多在传统实验室不可能完成的实验，而且还能有助于学生更好地理解实体对象和未来事物的内在特征、性质及其规律，切实提高学习效果，具有难以替代的作用。

虚拟仿真实验课程的建设需要注意五点：一是在实验课程目标上，注重调动学生参与实验教学的主动性和积极性，激发学生的学习兴趣 and 潜能，提高学生学习的参与度，增强学生的探究和创新能力；二是在实验课程教学内容上，必须充分发挥虚拟仿真实验的上述优点，密切结合新工科专业特色和产业发展最优成果；三是在实验教学方法上，注重创新实验教学资源的呈现方式，注重对

线上讨论、线下交流、自主实验的促进作用，探索提升实验教学效果的方式方法；四是在实验技术手段上，要综合运用计算机图形学、人机交互、传感技术、三维建模、人工智能、虚拟现实、增强现实、云计算等技术手段，提高实验课程的吸引力和教学效果；五是在课程实施上，要搭建具有开放性、共享性、拓展性、兼容性和前瞻性的虚拟仿真实验教学运行平台，注重知识产权和个人信息的保护，探索在线虚拟仿真实验课程教学的成效显著、开放共享、面向未来及可持续的运行模式。

（二）毕业设计的要求。

毕业设计是一门重要的综合性课程，是学生四年学习期间最重要的一次全面、系统、综合的工程设计训练，是培养学生工程能力、社会能力和综合素质的关键环节，在实现培养标准和培养目标上有着不可替代的作用。但是，目前仍然存在着毕业设计实际执行状况与毕业设计要求不符的现象，从新工科人才培养的角度考虑，毕业设计应该满足五方面要求：

一是选题应该源于行业产业、源于工程实践，这是关系到毕业设计能否发挥应有作用的关键，选题不仅包括行业企业当前面临的各种生产、技术、研发、市场、管理等方面问题，还可以涉及行业产业未来可能面临的各种生存、发展和挑战性问题；

二是注重培养和提高学生综合运用所学的理论、方法和技术手段解决工程实际问题的能力；

三是注重提升和强化学生的工程意识、职业素养、社会责任、创新能力、团队精神及多学科团队协作能力；

四是要有行业企业专家参与毕业设计的指导和考核评价，这对学生能力和素质的培养至关重要，其作用是校内教师所不能替代的；

五是毕业设计的主要工作应该在行业企业真实的工程环境中完成，这不仅有利于学生深刻理解和把握毕业设计问题的本质和根源，提出更加切合实际的解决问题的思路，还有利于加强学生与企业工程技术人员的沟通，提出符合企业工作流程的毕业设计方案。

此外，为了更好地发挥毕业设计的重要作用，应该避免采用毕业论文的形式替代毕业设计。

（三）课程的创新性。

新工科课程建设需要重视课程的创新性。创新性表现在课程内容的构成、课程实施的方式、课

程讲授的教师以及课程评价的方式等方面。

在课程内容的构成上,新工科的内涵及其特征决定着其每门课程内容不能简单沿用以往相关课程的内容,而必须做到两点:一是突破现行学科专业的界定,体现多学科思维的融合、新兴产业技术与新工科学科理论的融合、学生跨学科专业能力的融合以及多学科项目实践的融合,面向未来新工科专业发展和人才培养的需要,精选、组织和整合课程内容,以有效地支持课程目标的实现;二是要随着新技术、新产业、新模式、新业态的发展变化,对课程设置和教学内容进行及时、动态的调整和更新,以保证课程内容始终处于“新”的状态。

在课程实施的方式上,除了要求采用与课程内容相适应的教学组织形式和教学方法外,要通过提高学生的学习兴趣、提高学生学习的参与度,达到提高学生学习效果的目的。在提高学生学习兴趣上,要注重学生的个性特点、学习方式的偏好,精心组织教学内容,大力推进信息技术与教和学的深度融合,采取灵活多样的教学方式,引导学生个性化学习;在提高学生的参与度上,要大力推行基于问题、案例和项目的学习,采取专题研讨式学习和小组合作学习等教学方式,促进学生的主动参与和师生间的有效互动,引导学生自主探究式学习。

在课程讲授的教师上,除了具备工科教师的要求外^[12],对担任新工科课程教学的教师还应该做到三点:① 注重理论学习与实际运用密切结合,着力培养和提高学生的各种能力,以避免学非所用,纸上谈兵的现象;② 基于新工科课程的多学科交叉融合的特点,重视与其它教师的合作,共同完成课程教学任务,以避免课程教学单打独斗的现象;③ 注重与其它课程的衔接,发挥每门课程的增强效应,以有效实现课程模块或课程群的教学目标,避免课程各自为政的现象。

在课程评价的方式上,要更新教学评价理念,创新评价方式方法,注重评价方式的针对性、有效性和创新性。首先,要针对课程目标的具体要求,选择或创新课程评价方式方法,使之与教学内容和教学方式相适应,避免评价结果偏离课程目标要求;其次,评价方式方法要能够准确、客观地衡量出课程教学效果,能够支持课程教学质量的持续改进和完善,如采取针对学生设计的产品、完成的作品、参与项目的成果的评价方式;第三,要以有利于推动课程评价工作为目标不断创新评价方

式方法,提高课程评价的效率和效果,如在课程教学信息的获取和处理上如何充分运用信息技术等。

(四) 课程建设与科研。

新工科的跨界性和发展性特征^[13]对于激发学生参与科研的热情,提高其主动性和积极性具有显著的作用。首先,新工科专业的多学科背景容易促使学生产生浓厚的研究兴趣,形成科研的原动力;其次,新工科专业的多学科交叉融合能够开拓学生的视野,促使他们从多个不同的角度,运用不同的思维方式,采用多种不同的研究方法,获得创新性的研究成果。因此,将科研引入新工科专业的课程建设具有独有的优势和重要的意义。

1. 将科研活动引入课程。

科研活动既为学生提供综合的知识应用的机会,更为学生建立了各种能力培养和综合素质提升的平台。将科研活动引入课程就是将课外科研活动与课程教学内容有机结合,将其作为课程的组成部分,使课程教学内容能够在课外科研活动中得到有效充分的应用。可以有两种方式,一是结合课程教学内容有针对性地将学生在课外参与的科研活动引入课程;二是根据课程教学内容针对性地设计课外科研活动。将科研活动引入课程的主要作用有二:一是能够更有效地支持课程目标的实现,这是因为较之课程教学使用的案例和问题,科研活动的内容更加综合和复杂、更具有挑战性、更能激发学生的兴趣和投入,科研活动的参与和完成给予学生更大的自主性和灵活性;二是能够在不增加课程学时的情况下提高课程教学效果,这是因为引入课程的科研活动并不需要在课堂教学时间内完成,可以充分发挥课外学习在人才培养上的作用。

2. 将科研项目引入课程。

科研项目包括源于纵向和横向的理论研究或应用研究的项目,将科研项目引入课程与将科研活动引入课程有着两方面的相似之处:① 均以科研为平台;② 科研任务的完成时间主要在课外。但前者与后者主要区别在于:① 科研项目要作为课程的基础,主导着整个课程的实施,课程教学内容要围绕着科研项目的完成而组织;② 前者课程实施的主要方法是基于项目的学习(project-based learning),这种方法已经得到广泛推行;③ 前者为学生提供更系统综合的平台,包括知识的获取、应用和创新,工程能力的培养和提高,社会

能力的培养和提高以及综合素质的养成和提升等。^[14]

3. 将科研成果引入课程。

新工科专业始终强调要及时更新课程教学内容,使学生始终掌握本学科最新成果,处于学科发展前沿。课程教学内容更新需要鼓励教师开展新工科相关学科领域的研究,并将符合课程目标要求的研究成果,按照知识、能力和素质的形成规律和新工科内在的逻辑顺序引入相关课程中。在将科研成果引入课程的同时,要注重将教师科研问题的提出、分析和解决过程中的经验、教训和启示生动地融入科研成果的讲授之中,从而激发学生的学习兴趣、热情和主动性,培养学生的问题意识、批判性思维和创新性解决问题的能力。

五、新工科专业课程教学内容的改革与更新

在新工科课程体系改革和课程建设的同时要做好对相应课程教学内容的改革和更新。一门课程教学内容的选择在当下比以往任何时候都需要更加谨慎。首先,人类面临着知识过时问题。根据统计,人类近30年来生产的信息已超过过去5000年产生信息的总和。在被誉为“知识爆炸”的今天,新理论、新材料、新工艺、新方法不断出现,新的技术信息的量每两年要翻倍,加快了知识老化的速度,这意味着对四年制本科生而言,他们第一年所学习东西的一半到第三年将过时。其次,新工科专业面临着多学科交叉问题。多学科交叉融合使得新工科各专业可以选择的教学内容大幅度上升,如何在有限学时内合理选择教学内容是每位教师不得不面对的问题。第三,新工科面临着胜任力培养问题。解决复杂工程问题和未知工程问题的能力仍然是当前卓越工程人才培养的主要问题,从长远看,高等教育要为学生胜任目前不存在的工作做准备,包括运用目前还没有被开发的技术去解决人们还不知道的问题。上述因素使得精心选择新工科专业每门课程的教学内容并及时更新显得尤为重要。

(一) 课程教学内容改革的要求。

组成新工科每门课程的教学内容需要具备以下特点。

首先,有效性和稳定性。有效性表现在学生所学知识、理论和方法在日后的职业发展和终身学习中是基本的、无可代替的和必不可少的,包括基本规律、基本原理、基本技能。稳定性是指学生所学的课程内容是不易老化的和长期有效的,能

够在学生日后较长的职业生涯中发挥作用。

其次,前沿性和系统性。前沿性是指课程教学内容中必须包含新工科专业及其相关学科的前沿知识、最新成果和发展趋势,以开拓学生视野,关注未来发展、掌握学科专业最新动向。系统性是针对整门课程的教学内容而言,要求形成每一门课程的全部教学内容是相对独立的、完整的系统,其核心内容应该包括基本原理或基本理论、基本方法或基本技术以及最新进展等。

第三,应用性和实践性。应用性和实践性均是针对工程学科专业的属性特征而提出的,既强调学生实际工程能力的培养,又强调对行业产业当前和未来发展的针对性、有效性和适用性。应用性强调新工科专业课程教学内容能够在解决复杂工程问题中发挥作用,得到有效应用,包括在解决问题的思路、方法、手段、途径和关键技术等方面。实践性强调的是课程教学内容能够与工程实践有机结合,或者指导实践,或者支持和推动工程教育实践活动的开展。

(二) 课程教学内容改革的步骤。

新工科专业课程内容改革需要大体经历以下步骤。

(1) 校外调研:到在产业和行业领域处于领先地位的行业企业、研究院所和产业部门开展调研,通过问卷调查、座谈会、毕业生反馈等方式,了解新工科专业毕业生在毕业时必须具备什么样的知识结构,必须掌握哪些基本知识、理论、方法和技能,才能支持本专业培养标准的达成;在此基础上,围绕新工科专业各门课程的目标要求,初步确定由主要知识点构成的每门课程的大纲。

(2) 校内比较:在调研的基础上,根据每门课程的大纲,对可能作为新工科专业课程教学内容的各种知识、理论、方法和技术进行充分的比较分析,按照上述课程教学内容需要具备的特点要求和实现课程目标的需要修订和完善课程大纲,选择并确定教学内容;在这个阶段,还需要同时进行相关课程之间的比较,避免和杜绝课程之间教学内容的重复。

(3) 组织编写:由几位可能担任课程教学任务的相关教师组成课程组,着手按照课程大纲和已确定的教学内容进行编写,在编写过程中可以采取分工合作的方式进行,即在分工的基础上还要重视经常性的小组讨论,对教学内容的重点、组织及编排等进行确定,但在这个过程中每位教师

始终坚持根据课程教学内容需要具备的特点对教学内容进行取舍。

(4) 集体定稿:完成了一门课程教学内容的编写后,需要组织新工科专业相关教师,尤其是担任与该课程有关联的其它课程教学任务的教师,共同审定、修改而后最终确定课程教学内容,在这个阶段需要重点关注课程教学内容能否保证课程目标的有效实现,同时关注课程教学内容是否与其它课程重复。

为了高质量地完成课程教学内容改革任务,还需要做好两方面工作:一是重视邀请行业企业的专家参与,以从不同的角度审视和保证课程教学内容的有效性、稳定性、应用性和实践性;二是要有新工科相关学科各种研究成果的支持,经过认真的分析和筛选,将一些研究成果充实到课程教学内容中,以满足对课程教学内容前沿性和系统性的要求。与此同时,还要彻底改变目前高校仍然存在的因人设课的现象。

(三) 课程教学内容的更新。

在完成课程教学内容的改革之后,要建立起课程教学内容的更新机制,依据新工科学科前沿动态与社会发展需求动态更新知识体系,持续更新教学内容,使之始终处于“新”的状态。事实上,课程教学内容的更新要基于三方面的变化,一是新工科专业课程现有教学内容的发展变化;二是新工科专业自身发展的变化;三是社会对新工科专业人才培养要求的变化。

对于课程现有教学内容的发展变化,应该根据相关最新成果的成熟度予以区别对待。首先,对于成熟的基本原理和基本理论,可以将这些成果作为课程的主要内容,要求学生系统地学习并掌握;其次,对于比较成熟但仍在发展的内容,可以将这些成果作为课程的前沿进展,让学生通过阅读相关资料有全面的了解,可以鼓励有兴趣的学生进行深入的学习和研究;最后,对于热点研究领域,可以选择一些专题进行重点研讨或作为学生的课程作业,以培养学生的研究和创新能力。

对于新工科专业自身发展的变化,应该将具体的变化内容,包括专业内涵的拓展、其它学科的渗透、发展方向的调整等及时地反映到课程教学内容之中。首先,通过行业组织发布的研究报告、政府部门制定的产业发展规划或高校自身研究成

果,确定新工科专业相关产业和学科的变化;其次,从高等学校、研究机构或行业组织针对新工科专业相关产业和学科发展的研究成果中获取课程教学内容更新的素材;第三,按照课程教学内容需要具备的特点,将从素材中精选出的部分更新到课程教学内容之中。

对于社会对新工科专业人才培养要求的变化,则需要调整专业培养目标和培养标准,按照新工科专业课程体系改革的思路,将这些变化落实到具体的课程目标中,然后再对相关的课程教学内容进行整合重组或更新。

新工科专业课程体系和课程建设不可能一蹴而就,往往需要一个不断完善的过程,既需要全体教师的共同努力,也需要高校领导、教务处和院系负责人的重视和支持,但改革和建设的成果必将为本校其它专业提供丰富的经验和重要的参考和借鉴,从而促进全校不同专业课程体系改革和课程建设。

在开展新工科专业课程体系改革和课程建设的同时,必须高度重视与其相对应的教学组织形式和教学方法的改革,只有这样才能保证新工科专业人才培养目标的实现和专业培养标准的落实,有关新工科教学组织形式和教学方法改革,作者将另文予以研讨。

参 考 文 献

- [1][3][6][7][13] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.
- [2] 林健. 面向“卓越工程师”培养的课程体系和教学内容改革[J]. 高等工程教育研究, 2011(5): 1-9.
- [4] 林健. 卓越工程师创新能力的培养[J]. 高等工程教育研究, 2012(5): 1-17.
- [5][9][10][14] 林健. 面向卓越工程师培养的研究性学习[J]. 高等工程教育研究, 2011(6): 5-15.
- [8] 林健. 运用研究性学习培养复杂工程问题解决能力[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 79-89.
- [11] EDWARD F CRAWLEY, ANETTE PEKO HOSOI, AMITAVA BABI MITRA. Redesigning Undergraduate Engineering Education at MIT-the New Engineering Education Transformation (NEET) Initiative [C]. 2018 ASEE Annual Conference & Exposition, 2018-04-20.
- [12] 林健. 胜任卓越工程师培养的工科教师队伍建设[J]. 高等工程教育研究, 2012(1): 1-14.

(下转第 24 页)

- 业课程体系的改革与实践[J]. 高教学刊, 2018(20):19-22.
- [7] 欧阳利军, 王庆. 智能建造专业的提出和高等院校学生创新创业新思路探索[J]. 教育教学论坛, 2019(22):1-4.
- [8] 林健. 工程教育认证与工程教育改革和发展[J]. 高等工程教育研究, 2015(2):10-19.
- [9] 孙峻. “新工科”土木工程人才创新能力培养[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2):5-9.

Thoughts on the Design of Practical Teaching Plan for Undergraduate Intelligent Construction Program

Liu Shiping, Luo Hanbin, SunJun, Ding Lieyun

Abstract: To establish undergraduate intelligent construction program, we must first develop a professional training program and complete the design of the practical teaching link as an important part of the professional training program. Whether the design of practical teaching plan is reasonable or not has an important influence on the achievement of training objectives. The intelligent construction profession is based on civil engineering, and civil engineering attaches great importance to practice. According to the requirements of engineering accreditation, this paper explores the design of practical teaching program for intelligent construction major, and also carries out preliminary design to enhance the cultivation of engineering practice ability. The proposed plan is helpful for the colleges and universities preparing to launch the intelligent construction program.

Key words: intelligent construction; major program; practical teaching; teaching ideas; civil engineering (责任编辑 黄小青)

(上接第 13 页)

The Curriculum System Reform and Courses Construction of New Engineering Majors

Lin Jian

Abstract: The connotation and characteristics of new engineering make the curriculum system construction and courses reform of new engineering majors more difficult and more challenging than other majors, and makes it a key, overall, systematic and complex work that must be completed in the construction of new engineering major. This paper, based on the connotation and characteristics of new engineering, closely combining with the actual situation of new engineering construction in our country, giving full consideration to the current problems existing in the engineering education reform and development, drawing on the successful experience of developed countries engineering education reform, in turn, focus on the analysis and research of the main tasks and core works in the curriculum system reform and courses construction of new engineering majors, in order to provide reference for the curriculum system reform and courses construction of new engineering majors in colleges and universities, and form the importance basis for training outstanding engineering talents.

Key words: new engineering major; curriculum system; course construction; training standard; training objective; teaching content (责任编辑 黄小青)