

面向未来的中国新工科建设

林 健

(清华大学 教育研究院, 北京 100084)

摘 要:新工科建设是一项涉及面广、影响面宽、具有中国特色的复杂的系统工程,对中国高等教育的改革和发展具有示范和引领作用,需要清晰的内涵界定、科学的顶层设计和合理的建设规划。本文首先界定新工科的内涵与特征这一核心概念,其次基于新工科的内涵提出新工科的建设目标,然后针对新工科的特征给出新工科建设的总体思路,接着根据不同类型高校的特点分别给出新工科建设的具体建议,最后从与传统学科建设不同的角度讨论新工科建设的重点,以期各类高校开展新工科建设提供参考和借鉴。

关键词:新工科;专业建设;人才培养;新产业;新经济;工程教育

中图分类号:G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-4519(2017)02-0026-10

DOI:10.14138/j.1001-4519.2017.02.002610

世界范围内新一轮的科技革命和产业变革以及席卷全球的新经济的蓬勃发展对工程教育的改革和发展提出了新的挑战,新工科建设的提出正是对这一挑战作出的积极回应。对新工科系统深入的研究是新工科建设得以顺利开展并取得预期成果的关键,基于此,本文从新工科的内涵与特征、新工科的建设目标、新工科建设的总体思路、不同类型高校新工科的建设以及新工科专业建设的重点等五个方面进行分析和研究,试图清晰地回答新工科建设中必须理清的概念、内涵、目标、思路、分类、重点等方面的重要问题并提出相应的措施建议,以期各类高校开展新工科建设提供参考和借鉴。

一、新工科的内涵与特征

在“新工科”中,“工科”是指工程学科,“新”包含三方面涵义,即新兴、新型和新生。

对新工科的理解首先要突破传统的对学科的思维定式。学科是人类根据自身对客观世界的认识而对科学的知识体系根据其共性特征进行的学术划分,因此学科分类具有人类认识上的局限性和主观性以及人类社会发展的历史烙印。但是,新经济的发展及其产业变革不会因为人类对学科的界定而局限在某门学科内,也必然突破原有的学科界限和产业划分。在分析新工科的内涵与特征时,首先要突破人们原有对工科的界定,超越传统工科专业的设置;要根据科技革命和产业变革的需要以及新经济发展的趋势来理解和认识新的工程学科及其范畴,赋予其跨越现有学科界限和产业边界的新的内涵。

“新兴”指的是全新出现、前所未有的新学科,主要指从其他非工科的学科门类,如应用理科等一些基础学科,孕育、延伸和拓展出来的面向未来新技术和新产业发展的学科。这些学科不仅孕育了一批以新能源、新材料、生物科学为代表的新技术,而且催生了一批如光伏、锂离子电池和基因工程为代表的新产业。简而言之,由基础学科孕育的新技术在产业化后就形成了新产业。值得注意的是,虽然这些学科可

收稿日期:2017-03-20

作者简介:林健,福建福州人,清华大学教育研究院教授,研究方向为高等工程教育、高等学校管理。

能以某一现有学科为背景,但在发展初期仍存在着内涵不确定和特征不清楚的特点,需要在形成和发展过程中不断明确和清晰。

“新型”指的是对传统的、现有的(旧)学科进行转型、改造和升级,包括对内涵的拓展、培养目标和标准的转变或提高、培养模式的改革和创新等,而形成的新学科。转型前的学科虽然可能是工程学科中的重要学科,具有发展历史悠久、在国民经济建设中不可或缺等特点,如机械、土木、化工等,但面临我国产业的转型升级,尤其是互联网和人工智能对传统产业产生的颠覆性影响而引发的对这些产业的改造以及运用及其他高新技术对传统产业的改造,这些学科需要针对当前和未来产业发展的急需进行转型改造成为新型工科。

“新生”指的是由不同学科交叉,包括现有不同工程学科的交叉复合、工程学科与其他学科的交叉融合等而产生出来的新学科。不同工科的交叉复合可以是两个以上的工科的交叉,如将机械、计算机和控制交叉,这些都是现代产业发展的趋势。工科与其他学科的交叉融合可以是工科与理科、管理、经济、人文、医学、新闻、法律等其他学科的交融,这些是现代产业发展的需要,其中工科与理科的结合强化了工科的基础内涵,赋予了新的发展空间和潜力;工科与管理/经济等人文社会学科的结合彰显了工科的管理、服务和人文的特色。

总而言之,新工科代表的是最新的产业或行业发展方向,指的是正在形成的或将要形成的新的工程学科。从新经济的发展模式看,新经济强调以产业链的整合替代传统学科专业化的分工,互联网的超强跨界渗透能力形成了“互联网+”的产业创新模式,因此,在新工科建设时要注重一批具有跨行业界限、跨学科界限的跨界特征的新学科。

新工科大体上有引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性等几个特征。

引领性是新工科的前沿特征,表现在高等教育系统内外两方面。在高等教育内部,新工科的建设和发展将为其他学科和专业的建设、以及其他专业人才培养各个环节的改革和发展起到引领和示范作用;在高等教育外部,新工科的超前布局和建设将孕育出新技术,进而通过新技术的产业化支撑引领新产业的形成。由此可见,新工科的建设具有超越自身的重要意义。

交融性是新工科的学科特征,表现在新工科往往是由多个学科的交叉、融合、渗透或拓展而形成的,以落实新经济强调的绿色、智能、泛在等理念。这一特征使得新工科较传统的(旧)工科而言,内涵更复杂、建设难度更大、需要投入的资源更多。因此,政府和高校对新工科的建设需要予以更多的政策支持和资源投入。

创新性是新工科的属性特征,是新工科的价值所在,是国家经济社会发展对新工科本质属性提出的要求。新工科的建设是服务以新技术、新产业、新业态和新模式为特点的新经济发展,寻求我国在核心关键技术上的突破,在未来全球创新生态系统中占据战略制高点,因此,在技术、产业和模式上的创新以及创新人才培养模式是新工科的主要任务。

跨界性是新工科的产业特征,是新工科围绕产业链整合需要而在自身构成中必须具有的跨越原有产业和行业界限的特征。这一特征反映了产业当前和未来发展对新工科的要求,将影响新工科建设的内涵、构成及其专业建设重点。

发展性是新工科的动态特征,表现为新工科在建设过程中需要不断完善和在发展过程中需要不断调整,这些是由新工科的性质所决定的。新工科在建设初期,存在着对其内涵、性质和边界不确定或不清晰的情况,需要日后继续完善;新工科在发展中需要根据产业发展变化和趋势对学科内涵、要素等进行及时和超前的调整。

二、新工科的建设目标

对一所高校而言,不论其属于何种类型,新工科建设最核心的任务是三方面:学科人才队伍建设、

学科领域的学术研究和学科专业的人才培养。队伍建设是学科建设的根本,是开展学科领域学术研究和学科专业人才培养的前提和保障,需要通过对相关学科专业教师的队伍组建、在职培养、人才引进等多种方式进行。学术研究是学科建设的基础,涉及学科理论、方法和知识体系的构建,学科当前、前沿和未来问题的研究,以及学科专业课程体系的建设等,并为日后参与产业改造升级、新产业生成、校企合作和社会服务等打下基础。人才培养是新工科建设满足行业 and 产业的当前和未来发展需要最重要、最核心的任务,与学科领域的学术研究相辅相成,既需要后者的研究成果用于教育教学,又对后者起到促进和推动作用。

高等教育在中华民族伟大复兴中具有不可忽视的地位和作用,就行业 and 产业发展对工程学科的高度期待和工程学科对国家经济社会发展应当承担的重大使命而言,新工科的建设和发展应该重点落脚在新工科专业建设及其人才培养上。从这个意义上,新工科建设的主要目标可以表述为:“主动布局、设置和建设服务国家战略、满足产业需求、面向未来发展的工程学科与专业,培养造就一批具有创新创业能力、跨界整合能力、高素质的各类交叉复合型卓越工程科技人才”。

“服务国家战略”指的是新工科要主动服务国家提出的一系列重大战略,包括创新驱动发展、“一带一路”、“中国制造 2025”、“互联网+”等。这些国家战略以实现中国梦为总目标,强调建设创新型国家、实现中国经济整体快速发展、实现制造强国、推动产业转型升级等。新工科建设就是要根据实现上述国家战略目标和任务的需要,主动布局、设置、建设和发展相关新工科专业。

“满足产业需求”指的是新工科要在我国经济发展方式转变、新旧动能转换、产业结构转型升级,新技术、新产业、新业态和新模式蓬勃发展的环境下,培养出当前产业和行业急需的各种层次和类型的卓越工程科技人才。需要着重强调的是,《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》提出的节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等七大战略性新兴产业,是以重大技术突破和重大发展需求为基础,对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用,知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的产业,在“十二五”期间得到快速发展,这些产业当前所需的人才仍然是需要新工科专业去培养的。

“面向未来发展”指的是高等学校要把握行业产业未来发展方向,预测未来对各种类型工程科技人才的需求,提前布局、建设和发展产业未来发展需要的新的学科专业,及时培养引领未来和产业发展的卓越工程科技人才。同样需要强调的是,为了以全球视野前瞻布局前沿技术研发,不断催生新产业,在若干战略必争领域形成独特优势,掌握未来产业发展主动权,为经济社会持续发展提供战略储备、拓展战略空间,《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出超前布局四个战略性新兴产业:空天海洋领域、信息网络领域、生物技术领域和核技术领域,以培育我国未来发展新优势。这些面向未来发展的产业正是新工科需要提前布局和建设的。

事实上,不论一个国家的经济社会发展到什么水平和阶段,工程教育始终要以服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展为自身的历史使命和社会责任以及改革发展的方向和源动力。必须指出两点:第一,服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展这三方面均蕴含着面向世界培养卓越工程科技人才这一要求。国家战略的国际视野和全球定位、中国企业“走出去”和国际合作、新经济发展的全球化、以及高等教育强国战略等,都要求新工科专业培养的人才具有国际视野和全球胜任力。第二,新经济是一个不断发展、动态变化的概念,国家战略、行业产业和未来发展对工程科技人才的需求均是动态变化的,因此,通过对未来人才需求的研究和预测,准确把握、及时更新和动态调整新经济发展对各类工程科技人才的需求,调整新工科专业结构及其布局,应该成为各类高等学校新工科建设中的一项常态性工作。

创新创业能力是对新工科培养的工程科技人才的首要能力要求。创业能力是新产业形成和发展的基础,是产业和行业主导者必须具备的基本能力。创新是引领和驱动产业和经济发展的主要动力,是产业和行业得以发展并赢得市场竞争的保障,是产业和行业的工程科技骨干必须具备的核心能力。在未来

的市场竞争中,创新周期越来越短、技术创新越来越快、产业更新更加频繁、发展模式更加多元,这些均要求工程科技人才必须具备创新创业能力。

跨界整合能力是新产业形成及其持续发展所需要的。一方面,“互联网+”的产业创新模式要求对当前的多个关联产业进行改造和整合以形成新的产业;另一方面,新的产业形态和新的产业发展模式的出现也要求对未来的产业进行跨界改造、完善或整合以保证产业能够以最佳的形态和有效的模式持续发展。由此可见,作为新产业的工程科技人才还必须具备跨界整合能力^①。

高素质指的是新工科培养的卓越工程科技人才在专业能力之外所必须拥有的高水准的社会能力、职业素养和伦理道德等素质。交叉复合型指的是工程科技人才应具有多学科交叉的知识、理论和专业基础,具备解决交叉复合问题的专业能力和综合素质。

从以上对新工科建设目标内涵的具体分析可知,在开展研究和实践新工科建设时必须在其前赋予“中国”二字,即在新工科专业建设及其人才培养时要强调中国背景、中国需要、中国标准、中国模式、中国特色和扎根中国,这是对新工科建设的本土化要求。

三、新工科建设的总体思路

高校新工科建设的总体思路与传统的学科建设思路的主要区别有三:一是要站在国家、产业和未来的角度看待新工科建设,即从以往的学科导向转向国家战略视角下的产业和未来需求导向;二是要突破传统的学科界限,即从以往单一学科视角转向跨越学科界限的交叉融合视野;三是要从时代赋予高等教育新使命的角度看待新工科建设的作用,即从以往的服务和满足行业产业发展转向服务满足与支撑引领产业行业发展并重。以上区别关系到如下新工科建设的总体思路的设计。

1. 研究及预测未来国家和产业发展需求和方向

建设新工科的第一步是要把握国家及产业的未来需求和发展方向,这一方面是由学科建设和专业人才培养的周期决定的,另一方面是新工科的引领性决定的。

对国家及产业未来需求和发展方向的把握需要通过深入的研究和预测才能获得,而不能像传统的学科建设那样仅通过简单的市场调研和分析。具体的研究可以通过成立由校内不同学科相关专家和校外行业研究院所及企业专家组成的专门团队来完成。通过对国家发展战略、国家战略性新兴产业发展规划、产业发展前沿领域和未来发展的国际趋势,以及与发达国家产业发展的比较等的研究和预测,清晰把握未来国家及产业的发展需求和方向。研究的重点应该在与本校学科专业相关的产业领域和方向上。

2. 统筹分析全校资源,确定待建新工科

面对清晰的国家和产业的未来需求和发展方向,高校需要通过统筹分析本校的学科专业现状和发展潜力,知道能够设置并建设好哪些新的工程学科和专业。具体而言,大致需要做两方面工作:一是确定本校能够做什么,二是回答本校能够做好什么。

首先,针对国家和产业发展需求和分析,从跨学科专业的角度分析高校能够建设哪些新工科。需要打破校内现有的学科专业界限,统筹考虑全校各种教育和研究资源,确定本校在新兴、新型和新生工程学科上能够布局和设置哪些新工科。其次,需要将这些初步提出的“新工科”与国内同类型院校可能设置的“新工科”进行比较分析,重点在本校具有的优势和特色上,然后从中确定具有明显优势和潜力并有资源投入保障的那些作为待建的新工科。在确定本校待建新工科时必须重视两点:一是要注重新工科与产业的直接对接,二是要有充分详实的能够建好新工科的可行性分析和论证。

3. 规划、设置和组建新工科专业

新工科规划。对待建的新工科,高校首先要明确新工科建设在学校发展中的地位,并根据国家和产

^① 吴爱华等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017, (1): 2-3.

业发展对新工科及其人才的需求以及本校的实际情况,进行整体规划,制定出本校新工科建设的发展战略,并分解到学校每年的年度工作要点中予以落实。

新工科设置。新工科设置是高校全校性的工作,涉及到相关院系、学科和专业以及学校多个部门,因此,学校层面的统筹和协调、相关院系和部门之间的沟通以及树立全局意识等是必不可少的。新工科设置是针对每一新工科专业,主要包括:明确学科及专业负责人,确定学科和专业组织架构,明确教师队伍数量、层次和结构,制定学科专业发展计划等。

新工科组建。这方面高校需要决定是按照传统的实体院系架构组建,还是结合新工科的特征不设实体院系。这需要高校根据自身的情况分析和研究,以最有利于新工科建设、发展和人才培养为准则决定采取何种模式组建新工科。具体讨论详见本文第五节中新工科平台的构建。

4. 开展新工科建设和学科研究

开展学科专业建设是新工科组建后需要尽快启动的工作,除了与传统学科专业建设类似的工作外,新工科建设还要重视:建立学科专业与外部产业部门和行业企业的联系;注重从产业部门、行业企业和研究院所引进或聘请业界专家充实教师队伍;争取各级政府、产业行业和社会各界在政策、经费和其他教育资源的支持;开展新工科的研究。

在上述各项工作中,学科研究不仅是新工科建设的一项基础性工作,关系到从专业建设、培养方案制定到课程内容形成和选择等多方面,而且是新工科的学科发展和专业建设能够持续服务、支撑和引领新产业发展的一项保障性工作。应该成立跨院系、跨学科的交叉研究和未来研究机构或学术组织,以科学研究带动新工科布局、建设和发展。学科研究既要重视与学科专业对接的产业部门、行业企业和研究院所的合作,也要重视跨产业、跨部门以及与境外机构的合作。

5. 搭建新工科专业大类招生和培养平台

新工科专业人才培养是新工科建设接下来的一项十分重要的工作,根据新工科专业是源于传统多学科的交叉融合和不同产业的跨界整合的特点,高校应该注重发挥本校的整体优势,将新工科的整个学科作为大类,搭建新工科专业大类招生和培养的平台。

大类招生在于实施大类培养,它对新工科专业人才培养的作用在于:能够大幅提高学生的通识教育素养,了解相关专业的知识体系、学科发展和相互联系,有利于学生更好地理解新工科专业的内涵和特征;能够帮助学生在充分了解新工科学科专业的基础上,结合自身的兴趣和特长,找到最适合自己的专业方向,有利于学生的个性化培养;能够加强通识教育和专业教育的相互融合,促进专业教育教学的改革,给予学生学习上更大的主动性,有利于新工科创新创业教育和整个专业教育的开展。

6. 构建新工科专业人才培养质量保障体系

为了保证新工科专业培养的工程科技人才能够满足国家和产业当前和未来发展的要求,高校需要建立相应的人才培养质量保障体系,由质量标准体系、组织结构、保障主体和运行机制四个方面构成一个有机整体^①。

新工科的内涵和特征决定着其人才培养质量保障体系与传统专业人才培养质量保障体系有两方面主要差异:第一,要以面向未来和引领产业发展为目标,提出具有多维度、多元化、包容性和开放性的新工科人才培养的质量标准;第二,要以产业当前需求和未来发展为导向,建立外部驱动的质量持续改进机制。

7. 建立专业动态调整机制

建立专业动态调整机制对新工科而言尤其重要。伴随着新经济的快速发展,新技术、新产业、新业态和新模式调整和迭代的周期将不断缩短,国家和产业未来对新工科专业及其人才培养的要求变化将成为常态,因此高校需要建立新工科专业的动态调整机制,以及时调整新工科专业设置、修改或完善人才培养

^① 林健. 卓越工程师培养的质量保障(上)[J]. 高等工程教育研究, 2013, (1): 27-28.

方向、目标、标准、方案、模式以及课程和教学内容等,从而保证所培养的工程科技人才不会滞后而是超前于国家和产业发展对新工科人才的要求。

四、不同类型高校新工科的建设

占我国高校总数 92% 的学校设置了工科专业,这些高校存在着服务面向、办学定位、学校类型、办学层次等诸多方面的不同,因此,新工科的建设应该根据学校类型,有重点、有区别地开展,以充分发挥各种类型高校在新工科建设上各自的不同优势。然而,不论何种类型的高校开展新工科建设,均需要遵循以下建设原则。

首先,针对服务面向。不同类型高校有不同的服务面向,就人才培养角度而言,服务面向指的是毕业生主要的就业区域和行业领域,或者说是高校人才培养主要面向的地区和行业领域。正是这些区域和领域,高校有着长期积累的广泛的社会基础和行业企业联系,不仅最了解这些区域和领域需要什么样的人,而且最能够与这些区域和领域内的产业、企业及科研院所开展产学研合作教育,从而培养出“适销对路”的人才。因此,针对服务面向原则就是要针对服务面向地区和领域的需要,针对性地培养新工科专业人才。

其次,发挥整体优势。不同类型高校,不论其规模大小、办学层次、校史长短,都会由于其发展历史、学科结构、专业设置以及与社会发展的关系使得各自具有自身的整体优势。基于对传统学科的突破、转型、改造、交叉和融合的新工科的建设和发展,需要的是多学科的支持、多种资源的投入和广泛的产业基础,因此不同类型高校的整体优势正是各自建设好本校新工科的优势,应该予以充分发挥。

第三,突出培养特色。不论何种类型的高校,均在其长期的发展过程中积累和形成了与众不同的人才培养特色,这种特色符合新技术、新产业和新经济对人才多样化的需求,也是每一所高校的毕业生能够获得社会接受的根本原因。因此,在新工科建设过程中注重和突出本校的人才培养特色显得尤其重要,需要每一所高校在达到新工科专业人才培养共性要求的情况下,突出本校个性化的特色培养。

根据不同的目的,高校可以有不同的分类,根据新工科建设和人才培养的需要,可以将高校分为工科优势高校、综合性高校、行业性高校和一般地方高校,他们在新工科建设上有着各自不同的重点,但都需要做好新工科的研究和实践两方面工作。

1. 工科优势高校

这类院校的主要特点是办学历史长、工科优势明显、工科门类齐全、产业联系紧密等。它们多数是“985 工程”、“211 工程”高校或教育部直属等部属高校,其中一些是“双一流”建设高校,应该在我国新工科建设和工程教育改革和发展中为其他类型高校提供经验和借鉴,起到示范和引领作用。

工科优势高校在新工科建设上应该做到广而强,即新工科建设门类要尽可能多、覆盖面广,力求把每个新工科建成强势学科专业。主要聚焦国家发展战略、国际新技术和新产业发展、国家战略性新兴产业、高端制造业等前沿和未来领域。新工科建设重点应该在“新生”工科。

首先,要发挥高校自身的工科优势以及与行业产业紧密联系的优势,优化专业结构,推动现有工科之间的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合,由此产生新的工程学科。其次,新工科研究的重点应该包括:国际新技术、新产业和新经济的发展趋势;欧美主要发达国家工程学科建设、专业设置及人才培养的比较研究;中国新工科构成的结构分析和新工科人才培养的模式研究。第三,新工科实践的重点应该在卓越工程人才培养上,聚焦新材料、新能源、生物技术、信息技术、智能制造等领域的交叉学科专业的建设和发展,既要重视与国际一流理工科大学的合作,也要加强与产业部门及国内外产业领先企业的合作,注重培养学生的创新创业能力、工程领导力、战略意识和国际视野、全球胜任力等核心能力和素质。

以工科为主的学科交叉而产生出来的新的工程学科应该占新工科的最大比例。交叉形式包括工科与工科、工科与理科、工科与其他学科等。要注意不同生成形式产生的新工科在人才培养模式、教育教学

方法以及产学研合作教育上的差异,强调工程教育与科学教育和人文教育的结合。

在重视“新生”工科的同时,优势工科高校还应注重本校的“新型”工科,即对传统工科专业的改造、转型和升级,尤其是推进互联网、人工智能、信息技术、大数据、经济管理、法律艺术等与传统工科专业的深度融合。

2. 综合性高校

这类院校的主要特点是办学历史长,文、理、医、商等学科综合优势明显、门类齐全,部分学校有少量工科专业。它们基本是“985 工程”、“211 工程”高校或教育部直属高校,其中一些也是“双一流”建设高校。

综合性高校在工程学科建设上不应追求大而全,而应该做到少而精,即新工科建设门类要少、仅覆盖有限领域,力求把每个新工科建成精品。应该注重发展那些与学校办学定位和办学特色适应并能够促进其他门类学科发展的工程学科。主要聚焦与国家发展战略密切相关、处于前沿领域的国际新产业和未来技术的发展和趋势。新工科建设的重点应该在“新兴”工科。

首先,要发挥学科综合优势,面向未来新技术和新产业的发展,推动文、理、医、商等学科与工科学科交叉融合和跨界整合,尤其是推动应用理科向工科延伸,由此形成新的工程学科。其次,新工科研究的重点应该包括:世界高水平综合性大学工科学科建设、专业设置及人才培养情况的比较研究;科学教育、工程教育与人文教育相结合的工科人才培养模式;综合性高校与优势工科高校工程人才培养模式的比较研究。第三,新工科实践的重点应该在复合型工程科技人才培养上,聚焦信息、生物、新材料、新能源等领域的交叉学科专业的建设和发展,既要重视与国际一流大学的合作,也要加强与国内外产业领先企业的合作。

3. 行业性高校

这类院校的主要特点是办学历史较长,主要聚焦于如农林、水利、地矿、石油、交通、电子等某些行业领域,在主要学科领域专业设置齐全、与产业联系紧密等。它们中一些是“211 工程”高校或教育部直属高校,其余属地方院校。

行业性高校在新工科建设上应该做到专而深,即新工科建设要凸显学校在行业领域的专业优势,专门集中在与行业联系紧密的门类上,力求把这些新工科建成有深度、有特色的学科专业。主要聚焦关联行业和产业当前急需和未来需要的领域,涉及国家发展战略、国家战略性新兴产业、我国优势产业等领域。新工科建设重点应该在“新型”工科。

首先,要发挥与行业产业联系紧密的优势,面向相关行业和产业当前需求和未来发展,推动传统学科的转型、改造和升级,尤其推动移动互联网、物联网、大数据、云计算、智能技术等与传统工科专业的交叉融合,由此形成新的工程学科。与此同时,要对现有过于细分的学科专业进行整合,使其能够与行业和产业直接对接。其次,新工科研究的重点应该包括:行业性高校在面向新产业发展需求和发展的新工科建设过程中如何保持传统工科特色和行业优势;行业性高校在新经济背景下新工科建设对学校整体发展的关系。第三,新工科实践的重点应该在行业型工程技术人才培养上,聚焦本行业及其产业领域的当前急需和未来发展,关注影响本行业发展的新技术和相关产业,既要重视对传统行业特色工科的转型升级,也要注重在传统工科基础上的新工科建设,更要加强与国内外相关产业领先企业的合作和深度融合。

4. 一般地方高校

这类院校的主要特点是办学历史往往不长,基本属于以工科为主的多科性院校,与地方经济社会发展联系紧密,学科点跨多个门类、专业设置较为松散、以地方需求为主,毕业生多数在本地就业。这些高校多数隶属地方省级政府,其余隶属地级市政府。

一般地方高校在新工科建设上应该做到好而实,即新工科建设要聚焦在地方行业和产业当前和未来需要的学科专业上,以满足地方要求为建设标准,将新工科建设好,将新工科专业人才培养好,毕业生能够直接在新产业一线就业、实干务实。主要聚焦本省市区域经济和产业发展的相关领域、“一带一路”等国家战略、国家战略性新兴产业相关领域等。新工科建设重点应该在“新型”工科。

首先,要发挥与地方经济和产业联系紧密的优势,面向地方企业和产业当前需求和未来发展,推动本校传统学科的整合、转型、改造和升级,改变本校学科门类多而不强的状况,集中有限资源形成新的工程学科。其次,新工科研究的重点应该包括:地方高校如何支撑和引领区域经济和产业的发展;地方高校面向区域主导产业和特色产业,如何与其他类型院校成为互补,构建与区域经济社会发展相适应的学科专业体系;地方高校如何发挥区位优势,在新工科建设过程中形成不同于其他类型高校的学科优势和专业特色。第三,新工科实践的重点应该在应用型工程技术人才培养上,聚焦区域产业及其相关领域的当前急需和未来发展,关注影响区域产业发展的新技术及其相关领域,既要重视对传统工科的转型、改造升级,也要注重对现有学科的跨学科整合;除了继续加强与区域内产业企业的深度合作,还要加强与国内外相关产业领先企业以及其他类型高校的合作。

五、新工科专业建设的重点

新工科建设的重点应该聚焦在与传统工科建设不同且需要高度重视之处,主要包括新工科平台的构建、新工科人才培养模式、新工科人才创新创业教育、新工科专业产学研合作教育和新工科教育教学质量评价等几方面。

1. 新工科平台的构建

新工科平台的构建是开展新工科学科专业建设、发展和人才培养的重要前提和基础,可以有实体和非实体两种模式,即按照传统工科以院系为实体平台进行学科与专业建设的架构和按照新工科特征不设实体的由相关院系和学科关联组成的架构,或称跨学科交融的新型组织。

采用传统的院系实体架构构建新工科平台的模式容易为多数教职员工所接受。这种模式关系到相关学科院系的整合重组、各种资源的重新分配以及学校新资源的投入等,涉及到多方利益的博弈,需要学校层面的强力领导、相关院系和部门的支持协调以及教师的理解支持,需要处理好局部与整体、个人与组织、近期目标与远期目标等方面的关系。实体模式新工科平台的优势在于:各种教育和科研资源相对集中,容易在短期内看到建设成效;教师的专职有利于他们集中精力和整个学科队伍建设;适应高校传统的内部管理体制和运行机制,容易为多数教职员工所习惯和接受。

采用不设实体的组织架构构建新工科平台的模式符合新工科的引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性等特征。这需要相关学科和院系的沟通协调、协作配合和通力合作,教师由来自校内不同实体院系、不同学科和专业方向的教师以及校外兼职教师组成,他们共同承担新工科的科学研究、专业建设和人才培养工作。非实体新工科平台的优势集中体现在:能够充分利用相关院系和学科长期积累的校内外各种资源,使新工科建设始于较高的起点;对新产业的需求和未来发展具有很强的适应性,及时调整学科建设方向和人才培养要求,能够及时调整或重组教师队伍。这些正是实体平台所不具备的。

但是,这种非实体平台的有效运行需要制度和机制的保障:在资源分配上要突破传统的院系利益格局,鼓励学科之间融合,强调教育与科研资源共享;考核制度上,要改变以院系为中心的传统评价模式,鼓励教师跨学科专业、跨院系的合作与融合;在管理体制上,要转变传统的条块分割的管理模式,促进跨院系跨学科跨部门的协同发展。

不论采用何种架构,教师队伍建设都是学科专业建设的核心工作,在引进或聘用教师时要注重教师学科背景的交叉性、知识结构的互补性、年龄结构的合理性、学缘结构的多元性、工作经历的多样性等。

2. 新工科人才培养模式

新工科人才培养模式主要涉及课程体系和教学内容改革、教育教学方式改革、课堂教学与课外学习的关系、通识教育与专业教育的关系等几方面。

课程体系和教学内容改革。首先,新工科多学科交叉融合的内涵和特征决定着对课程体系和教学内容的改革是系统性而不是个体性,即要从整个新工科专业建设的角度,有组织地、系统地、整体地进行课

程体系设计、课程设置和教学内容选择,而不能由每个教师单打独斗,仅根据个人的理解对现有课程进行简单调整。其次,新技术、新产业和新经济的快速发展,需要定期审视培养方案、课程设置和教学内容,以及及时做出需要的调整。

教育教学方式改革。新工科专业明确的培养目标和丰富多变的教学内容要求注重提高学生的学习兴趣、学习参与度、学习效果和能力的培养。要通过教学组织形式设计和教学内容的组织提高学生的学习兴趣;通过研究性学习、专题研讨式、小组合作学习、挑战性学习等方式提高学生学习的参与度;通过共享优质在线教育资源,实施混合式教学方式等提高教学效果;通过以能力为导向的教学设计并辅以过程性评价提高学生的多种能力。

课堂教学与课外学习的关系。新工科人才培养将面临更严重的课时不足问题,要将课堂教学和课外学习作为人才培养生态环境的互为补充的两个部分,一方面通过线上学习和课下学习提高课堂教学的有效性,另一方面要鼓励并创造条件引导学生利用社团活动、科技竞赛、创新产业实践、专业社会实践等多种方式进行理论联系实际,开展实践能力、应用能力和专业素养的培养。

通识教育与专业教育的关系。虽然不同类型高校在新工科人才培养上对待二者关系上可以根据服务面向的不同而有不同的处理方式,但是以下两点是一致的:一是强调通识教育对专业教育的支持,包括加强基础科学教育使学生对各种新技术的科学基础有扎实的理解,加强人文科学教育使学生对新业态和新模式的人文元素有清楚的认识等,这些对学生适应日后新技术和新产业的快速发展和变化十分重要;二是新工科要求注重专业教育的包容性、发展性和未来性对通识教育提出了更高的要求,必然促进通识教育的改革。

3. 新工科人才创新创业教育

创新驱动的新产业正在成为全球经济复苏和增长的主要动力,创新创业成为新工科专业人才至关重要的能力。新经济时代创新的主要特点是成果转化快、创新周期短、技术更新快、未来因素多、涉及学科广、发展模式多。这对新工科人才的创新创业教育提出更高的要求,要求学生具有更强烈的危机意识和未来意识、更积极的批判性思维、更敏锐的创新意识和发展眼光、更宽阔的全球视野和战略视角、更有效的创新思维和能力、以及更强的市场能力和领导力等。

因此,新工科专业要将创新创业教育融入专业培养方案,以交叉跨界问题、综合复杂问题和未来前沿问题等为导向,把危机意识、创新精神、创新思维、创新创业能力的培养贯穿工程教育的全过程,通过广泛搭建各种跨行业、跨界的创业孵化基地、创业实习基地、创客空间等创新创业平台,组织形式多样的科技创新活动、创新创业竞赛等,全过程营造创新创业教育氛围,全方位推动创新创业教育深层次融入整个专业教育。

4. 新工科专业产学研合作教育

与传统工科专业产学合作教育不同的是,新工科专业产学研合作教育要强调合作对象的代表性、教育内容的前沿性,并加强与产业研究院所的合作。首先,合作对象应该是与新工科专业相关新产业的代表性企业,具备新产业的特征,在业内处于优秀或引领地位,这样符合新工科专业教育的要求;其次,合作教育的内容应该具有前沿性,即能够真实地反映新材料和新产业当前的发展状况和未来的发展趋势,这样有利于新工科专业人才能力和素质的培养;第三,要加强与新产业相关的研究院所的合作,原因在于这些院所对新产业的未来发展有深入的研究并积累了相关的资料信息,这些正是新工科人才培养所需要的。此外,应该鼓励和支持有条件的高校就以上三方面开展产学研方面的国际合作教育。

为了更好地开展新工科建设,需要为各类高校搭建合作与交流的全国性平台。首先,建议国家相关部委、教育部和行业产业协会协调组织建立单一新工科门类的全国性产学研合作联盟,如“中国生物制造产业产学研合作教育联盟”,这种联盟不仅有利于某一新工科门类的高校在全国范围内建立产学研合作关系,而且也能为高校之间、产学研之间搭建了合作交流的平台。其次,建议教育部协调组织建立两类新工科专业协助组,一是各类院校新工科专业协助组如“行业性高校新工科专业协作组”,为同类型高校新工

科专业建设提供合作与交流的机会;二是跨院校类型的新工科专业协助组,为不同类型高校在新工科建设、专业人才培养等方面提供学习和借鉴的机会,尤其是从全国新工科专业人才市场需求的角度,这种机会能够促使不同类型高校人才培养的多样化和多元化。当然,高校也可以建立以自身为中心的新工科合作教育联盟,将与本校新工科专业有合作关系的企业联系起来。

5. 新工科专业教育教学质量评价

质量评价是保证新工科人才培养质量的重要手段,在这方面需要建立质量标准体系、落实培养标准和建立质量评价体系。

质量标准体系的建设。建立类似“卓越工程师教育培养计划”的人才培养质量标准体系,由国家标准、产业标准和学校标准三部分构成。^① 教育部与国家相关部委或工程院负责制定新工科人才培养的国家标准;产业部门或协会基于国家标准负责制定各自产业的新工科人才培养的产业标准;高等学校基于国家标准和产业标准制定本校新工科各个专业人才培养的学校标准。

人才培养标准的落实。新工科专业应该以“卓越计划”为示范,将本校制定的各专业人才培养的学校标准通过分解细化成标准点,逐点落实到本专业的课程和教学环节,而后通过对课程体系和教学内容的改革,完善新工科专业人才培养方案。

质量评价体系的建立。有两种选择:一是借助工程教育认证制度,二是参照工程教育认证制度,其中关键在认证标准。借助现有的工程教育认证制度评价新工科专业人才培养质量,就需要增加、修订或替换认证通用标准和专业补充标准,这是因为:“新兴”和“新生”等新增工科专业不在目前工程教育认证专业目录中,需要扩充工程教育认证专业目录并增加这些专业的认证标准;现有的认证标准显然不能用于对转型、改造升级后的“新型”工科专业的认证,需要进行修订或替换,这将影响对那些还没有转型、改造升级的传统工程专业的认证。鉴于上述问题,可以考虑参照现有工程教育认证制度,将行业标准作为工程教育认证通用标准中的毕业要求,建立专门针对新工科专业的认证体系。

新工科建设是一项涉及多产业、多部门、跨学科、跨院系的复杂的、全局性的系统工程,不可能一蹴而就,需要政府、产业和高校的协同努力,需要全校上下的通力合作。但是,通过坚持不懈的研究、实践和不断完善,新工科建设将有力地促进中国工程教育的改革和发展,为中国高等教育改革提供示范和引领,为国际工程教育的改革发展提供中国模式和中国经验。

The Construction of China's New Engineering Disciplines for the Future

LIN Jian

(Institute of Education, Tsinghua University, Beijing, 100084)

Abstract: New engineering disciplines (NEDs) construction is a complex, wide-ranged and significantly influential system engineering which is featured by China's characteristics. Its leading role for the reform and development of China's higher education calls for clear conceptions of connotation and features, a scientific design of top level and reasonable construction plan. Therefore, this paper firstly defines the connotation and characteristics and core concepts of NEDs, which is followed by an elaboration of NEDs' construction goal based on the connotation of the NEDs. It furthermore gives an overall thinking of NEDs construction according to the characteristics of NEDs, then provides some concrete implications for NEDs construction at different types of colleges and universities according to their characteristics. This study finally highlights the focus of NED construction from the angle which differs from traditional discipline construction, which aims to provide a reference for all kinds of colleges and universities.

Key words: new engineering disciplines; major construction; talent cultivation; new industry; new economy; engineering education

^① 林健.“卓越工程师教育培养计划”通用标准研制[J]. 高等工程教育研究, 2010, (4): 21-22.