

◆ 汤正华 / 王车礼 / 杨素平 / 龚方红

# 基于大工程观的 本科工程教育改革路径

“大工程观”教育思想是在 20 世纪 90 年代美国工程教育掀起的“回归工程”浪潮中提出的。这一思想主要是针对传统工程教育过分强调专业化、科学化从而割裂了工程本身这种现象提出来的。所谓大工程就是建立在科学与技术之上的包括社会经济、文化、道德、环境等多因素的完整的工程涵义,建立在大工程基础上的工程教育思想即为大工程观教育思想,对高等工程教育改革提出了新的要求。

## 一、大工程观教育思想对工程教育的要求

大工程教育思想所倡导的工程教育改革方向是要使建立在学科基础上的工程教育更加重视工程实际以及工程本身的系统性和完整性。在工程教育领域,工程人才的视野长期被局限在科学技术的范围之内,科学与人文、工程与环境、工程与道德被割裂开来,工程作为系统的本来涵义没有得到体现。因此,当社会的可持续发展观逐渐得到认可的时候,传统的工程教育观受到了冲击,体现现代工程特点的大工程观逐渐得到认同。如果说解决技术问题是工程的技术属性的话,那么,社会的可持续发展观促使工程具有社会属性,工程的这种社会属性要求现代工程教育具有系统性、实践性和创造性。基于工程的这二种属性,大工程观教育思想要求工程教育不仅应该让学生学习工程科学的知识和理论,还应该围绕经济、社会政治和技术三个方面重新进行调整和综合:

一是工程教育的系统性。现代工程是一个复杂的系统,不可避免地涉及到政治、经济、文化、道德等多方面因素,这并不是狭窄的技术知识背景能够胜任的。现代工程问题的解决实际上要求工程师能够打破学科壁垒,把被学科割裂开来的工程单元还原为一个整体。这就要求工程教育改革要充分考虑到学科的交叉与融合,为学生提供综合的知识背景,以利于复杂工程问题的解决。

二是工程教育的实践性。工程是多因素综合的产物,系统性的工程之所以能够形成一个整体,是以工程实践为线索的,这是由工程最终是为了解决具体实际问题这一根本特征所决定的。因此,工程的系统性和实践性密不可分,系统性是为实践性服务的,实践性是系统性的归宿。这就要求工程教育改革应该以这

种系统性的工程实践为基础。

三是工程教育的创造性。大工程观教育背景下的工程教育应更重视学生创造性的培养。如何充分考虑影响工程的各种复杂因素,如何将已有的科学技术成果转化为实际的工业技术及产品,都需要工程师的创造性。因此,工程教育改革既要使学生打下牢固的知识基础,拥有跨学科的知识背景,从而为创造性的培养提出可能性;更要重视学生的个性化选择,使学生能够在自身个性和兴趣的基础上,构建自身的知识结构,发展创新能力。

工程教育系统性、实践性和创造性特征最终是体现在所培养的人才具备的素质上。美国工程与技术认证委员会(ABET)对大工程观教育思想下培养的工程师人才提出了 11 条评估标准。它们是:有应用数学、科学与工程等知识的能力;有进行设计、实验分析与数据处理的能力;有根据需要去设计一个部件、一个系统或一个过程的能力;有多种训练的综合能力;有验证、指导及解决工程问题的能力;有对职业道德及社会责任的了解;有效地表达与交流的能力;懂得工程问题对全球环境和社会的影响;学会终生学习的能力;具有有关当今时代问题的知识;有应用各种技术和现代工程工具去解决实际问题的能力。可以看出,ABET 所强调的一是工程实践知识的综合性,二是工程实践的能力,三是工程实践的人文精神。这 11 条标准实际上是工程教育培养对象知识、素质、能力的集合,它们同样是大工程观教育思想指导下注重工程教育的技术属性和社会属性的体现。

## 二、我国工程教育现状与大工程观教育思想的冲突

目前,我国工程院校在工程教育上与大工程观教育思想极不适应,主要表现在三个方面:

### 1、人才培养过程中忽视工程知识系统性教育

工程技术人才必须有宽厚的基础知识,如果没有坚实的基础理论、基础知识,就无法应对工程的复杂性和系统性。工科院校由于受传统的重专业、轻基础思想以及功利主义价值取向的影响,在工程教育中忽视工程知识的系统性问题,明显表现出与大工程观教育思想要求工程知识具有系统性特征不相适应。具体

表现在两方面:一是人才的知识融通性不够。虽然许多本科院校采取大类招生,拓宽专业,实施学分制,开设选修课,推行主辅修、第二学位制,但这些改革措施在实际办学过程中并没有完全到位,学生的学习还受到很大的限制,许多学生没有较多自由支配自己的课余时间,不能按照自己的兴趣涉猎其他领域的知识。在解决知识融通性的问题上,没有根本性的突破。二是人才的科学精神和人文精神的结合性不够。由于中学过早实施文理分科,致使学生文化素质训练欠缺,全面素质培养不够,给大学工程教育带来了文化局限。许多工科院校已经认识到人文素质缺陷对工程教育的不利,开始着力对工程教育对象进行人文素质的培养。但是,人文知识不等于人文素质,人文素质也不等于人文精神。所以,工科院校培养学生的人文素质主要应着重于精神层面。学生是否具备人文素质不能仅仅理解为听过人文学科课程。事实上,我国大学生不缺乏一般意义上的人文学科知识,真正缺乏的是人文精神。这种现代意义上的人文精神是基于一种普遍的以人为本的人类自我关怀,表现为对人的尊严、价值、命运的维护和道德水准的不断提升。

### 2、工程教育中工程能力和实践的缺失

面向工程实际是工程教育的内在要求,也是我国经济发展对工程人才的迫切需要。这方面恰恰是我国高等工程教育的缺陷所在,集中体现在:面向工程实际不够,专业划分过细,学生知识面太窄,解决工程实际问题能力不足,没有足够的工程实践训练,导致学生缺乏对工程设计在工程及工程教育中的重要地位和作用的认识,缺乏对现代工程所必须具备的有关经济、社会、道德等方面知识的了解,缺乏管理现代工程的初步能力和素质。这些问题与大工程观教育思想要求的工程教育的实践性不相适应。产生这些不适应的原因,主要是我国过去在计划经济和工业生产处于粗放型水平条件下形成的传统工程教育思想和培养模式,不能适应社会主义市场经济和经济增长方式向集约型转变的需要。而且,在工程教育过程中也存在重“学”轻“术”的倾向,许多工科院校直接为工业企业培养人才的人数和毕业生进入国民经济第一线的人数比例不高,毕业生直接为工业企业服务的工程性论文和设计的数目比例也不高。这与我国工程教育在国民经济中应有的地位和应起的作用差距也是很大的。

### 3、对工程人才工程技术创造性培养不足

创造,不仅仅是工程技术内在的要求,而且也涉及高等工程人才的培养目标问题。对于一个工程师来说,其任务是为国家、社会和人们提供现实的产品和服务。只有有意识地做到在继承与模仿当中有所创造,才能自觉地根据工程实际和国情,创造出有中国特色的工业现代化。然而,我国的工程教育还未能自觉地把增强工程创造意识和技术创新能力的要求贯穿于人才培养的全过程。造成学生缺乏创造意识和能力的原因是:其一,教育者缺乏创新意识。教师作为课

堂教学的组织者和教育者,在创新教育中起着关键作用。教师缺乏创新意识,也就不会产生具有创造性的教学成果和科研成果,培养创造性人才只会落空。目前,不少院校由于教师教学量增加,许多教师只能采用传统的教学方法去应付学校交给的教学任务,没有精力去探索新的人才培养的模式和方法。其二,学生缺乏个性和创造力。爱因斯坦曾经说过,提出一个问题,往往比解决一个问题更重要,因为解决一个问题也许仅是一个数学上或实验上的技能而已;而提出问题却需要有创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步。目前的工程教育却常常忽视对学生好奇心和想象力的激发,许多学生只是习惯于被动地回答现成的问题,缺少主动提出新问题的探索能力。其三,学校缺乏创新教育环境。创新教育其重要性已被广大教育工作者所认同,但目前工科院校创新教育环境还需要进一步改善。无论是硬件还是软件建设均存在不足,更重要的是,培养创新人才必须对教育体系进行创新,革除传统教育中阻碍创新的东西。而在这方面,绝大部分工科院校探索的力度还显不够。

## 三、大工程观教育思想指导下的工程教育改革路径

### 1、工程教育改革的思想基础:确立大工程教育观

随着社会的发展,工程问题最终是在社会大背景中得到解决。大工程观其实质是人与社会发展、工程技术进步与自然生态繁荣齐头并进的工程观。对工科院校而言,确立大工程观,需要做到:一是坚持科学与人文相统一的工程教育观。要打破学科与专业局限,拓宽工程教育的基础,努力开阔工程教育的视野,注重文理交融与渗透。现代工程越来越表现出跨学科跨专业趋势,工程教育不仅要训练学生解决纯技术问题,而且训练学生解决与工程有关的社会、道德问题。二是坚持继承与创新相统一的工程教育观。要实现学生继承学习与创新学习并重,着重开展创新教育活动,培养创新能力。三是坚持学校教育 with 终身教育相结合的工程教育观。作为前端的学校教育,不可能一次性地给学生所有工程技术的知识体系而使他们受用终身,终身教育要求工程教育应为学生未来的职业生涯奠定坚实的基础。四是坚持教育国际化的工程教育观。随着工程技术国际竞争的加剧,我国高等工程教育特别是一般工科院校,还要更多地借鉴和吸收世界各国的先进经验和成果,融合先进的教育理念和教育方法手段,吸收优质的教育资源,在实践中进行工程教育改革。

### 2、工程教育改革的逻辑起点:高等工程教育的培养目标规格

工程教育的培养规格应是工程师与技术员两大类。本科生的培养目标应是达成工程师的基本训练,而不是培养“现成的专家”。现代工程师是在大工程的背景下来进行工程活动的,这个大工程除了原来的工程专业以外,还牵涉到环境、经济、法律、销售、安全、道



德、文化等广大的知识领域。在这种背景下,解决工程问题不仅需要应用科学的原理和方法,还需用借助创造性的想象和实践经验,它既是科学也是艺术。相对应地,工程教育也不再仅仅局限于科学教育或技术教育,还应包括工程技能、经济、法律、社会、文化、道德、艺术等教育。归根结底,工程师所要解决的问题,涉及日益俱增的复杂的社会问题,要求应用科学与人文相结合的更为广泛的综合方法。这些培养目标的规格要求,反映在高等工程教育的办学过程中,就要求改变过去过分注重学科系统性,要求构建以工程为对象的各门学科知识的整合和集成。现代工程师所要具备的知识、能力、素质的整合性和集成性要求是大工程观教育思想指导下教育教学改革的逻辑起点。

3、工程教育改革的基本手段:创新宽口径专业人才培养机制

不同办学层次的高校,发挥的社会作用不同,肩负着不同的人才培养任务。一般工科院校主要为地区或某个行业的生产第一线培养工程人才,以企业为主要服务对象。对这类人才的培养,要实行宽口径专业人才培养模式:

一是拓宽专业面。大工程观要求工程教育的培养目标应是宽口径的专才和一部分跨学科的复合型人才。因此,对现有专业要重新定位,其原则应是有一定的专业性,但有一定的学科宽度。拓宽专业面是解决大工程观背景下工程师能够打破学科壁垒,把被学科割裂开来的工程单元还原为一个整体的要求。

二是拓宽基础。拓宽专业的标志是拓宽学科基础。工程教育拓宽基础要注意在内涵拓宽的同时协调好知识的广度和深度,解决工科学生知识面狭窄的问题,体现现代大工程对工程师知识、素质、能力的全面要求,使工程师具有集成的知识能力结构,能够承担构建整体的任务。

三是拓宽课程。拓宽专业面和拓宽基础都落脚在拓宽课程上。拓宽课程就是在课程设置上重视课程内容的建设,通过课程内容的整合、优化及其内在关联性的建立。拓宽课程强调突出课程内容的综合性和基础性以及学习内容的内在关联性,实现大工程观背景下现代工程师所要求知识背景和知识结构的教育目标。这种模式使学生的学习内容能够形成合理、完整、科学的体系。同时,由于有多种学习路径可供学生选择,又可以充分考虑到学生的不同水平、兴趣和爱好,从而促进学生个性和创造性的发展。

4、工程教育改革的重要依托:面向实际的工程能力教育

大工程观教育背景下,学科型的工程教育已经不适应工程发展的实际。面对这种转变,工科院校必须十分重视学生实践能力的培养:

一是设置工程能力训练课程。把这作为对工科每一个学生的基本要求。工程能力训练课程不是对原理知识体系的简单描述,而是要体现工程设计必须考虑

的技术因素、经济因素和道德因素的特点及其相互间的关系,要分析多因素中何为主要矛盾及多种矛盾的协调方法。要实现这一目的,除了进行课堂教育,还要在工厂企业、实验室和研究室中进行工程能力教育,要尽量为学生创造进行工程设计研究的场所。

二是接触工程实际问题,增强实践性环节。目前,学生在大学四年中还或多或少有科学性课程。如果工科学生仅把这些课程的学习当成大学的学习目标,将极大地阻碍培养目标的实现。现代工程教育要求在培养方案中尽可能多地增加实践性教学环节,这已是当前我国高等工科学校人才培养面临的一个非常重要而又亟待解决的问题。

另外,工程教育加强工程实践训练必须充分利用学校教学与生产实践这两种育人环境,改革现有的传统教育模式,推广多种形式的产学研相结合。大力推进产业界与高校在育人与科研方面的全方位密切合作,通过和企业的联系,吸纳教师和优秀学生参与,将科研成果转化为现实生产力。通过教学、科研和产业的紧密结合,在出成果的同时,培养高质量的教学科研型师资,培养有实践经验的创新型人才。

5、工程教育改革的最终目的:培养学生的创造性和自主性

美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:科学家研究已有的世界,工程师创造未来的世界。可见,工程师的重要品质在于其创造和创新能力。在大工程观教育背景下,创造和创新能力更是工程教育的关键所在,而创新能力的培养首先来自个性的发展。因此,在工程教育改革方面,应首先重视学生的个性化培养,使学生能够在自身个性和兴趣的基础上,构建自身的知识结构,发展创造性和创新能力。

首先是课程的设置与选择。在斯坦福大学工学院,学生在专业学习过程中,可以根据自己不同的知识基础、学习兴趣、个性特长等选择不同的课程,依据不同的路径学习,到大学三、四年级时才确定将来的专业方向。又如,在MIT的实验研究小组(The Experimental Study Group)中,学生可以根据自己的兴趣和爱好自行组织课程和学习内容。

其次是学生的创新能力需要在研究和训练中得到培养。工程教育是一种综合教育,工程教育的核心是知识的运用,通过实际的运用,使学生将所学的各门课程的知识融会贯通,并在实施中提高分析和解决实际问题的能力。因此,要注重学生在学期间的各项训练活动的开展,如组织学生的课外科技创新活动,进行科技制作、科技发明活动;组织优秀学生参与教师的科研活动,让学生感受工程活动的全过程,并在其中得到锻炼;建立开放性实验室,让学生在教师的指导下自主地开展科研活动;建立校内外创新基地,利用基地开展有组织、有计划、有实施、有检查、有保障的创新训练。

【作者单位:江苏工业学院】(责任编辑:孙伟君)

