

# 大力培育工程性创新性人才

顾秉林

(清华大学, 北京 100084)

**摘要:**工程性创新性人才的培养是我国建设创新型国家、推动经济转型发展的关键,也是国际工程教育的未来方向。本文针对中国高校工程教育在人才培养方面存在的问题,提出进一步更新工程教育理念、建构完善的工科课程体系、提高工科教师的工程素养、加强工科学生工程和创新能力的培养等政策建议。

**关键词:**工程教育;工程科技人才;工程性;创新性

**中图分类号:**G640 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-4519(2014)04-0001-06

进入新世纪以来,我国走新型工业化发展道路,建设创新型国家,为工程教育的发展提供了新的历史机遇,也对工程教育的改革提出了新的使命和要求。纵观历史,新中国成立六十多年来,我国工程教育成就显著,在不同历史阶段,都为社会主义现代化事业提供了强有力的人才和智力支撑。目前我国工程教育的规模位居世界第一,是名副其实的工程教育大国。但也要看到,面对世界工程科技的迅速发展,面对我国现代化建设的战略需求,我国工程教育还存在很大的差距,其中最突出的问题就是高校工程教育的工程性和创新性不足。

工程教育要提高人才培养的质量,从本质上讲就是要提高工程教育的工程性和创新性。大力培养工程性创新性人才是我国由工程教育大国迈向工程教育强国的关键环节,也是工程教育适应国家新型工业化发展的必然要求。

## 一、加强工程性创新性人才培养

工程科技人才的规模和水平直接影响着一个国家的工业化进程和国际竞争力。为了应对新一轮的国际竞争,世界各国争相聚焦工程科技人才,出台相关国家战略和应对策略。一些发达国家的政府纷纷把大力发展工程科技、提升自主创新能力,作为抢占未来发展制高点的先导性战略,在工程教育和工程科技人才培养方面,把强化工程性和创新性作为重要的改革目标。

我国走新型工业化道路,迫切需要培养一大批能够适应和支撑产业升级换代、加快发展新兴产业的工程科技人才;建设创新型国家,提高自主创新能力,迫切需要培养一大批拔尖创新工程科技人才;增强综合国力,应对经济全球化的挑战,迫切需要培养一大批具有国际竞争力的新型工程科技人才。而当前中国工程科技人才最大的问题和短板就是工程性、创新性不足,因此,我国高校的工程教育迫切需要改革现有的人才培养模式,以工程性和创新性为主要抓手和重要目标,培养新型工程科技人才,并实现工程教育自身的转型。

收稿日期:2014-07-05

基金项目:中国工程院、教育部“院校工程教育工程性与创新性问题的研究”及其滚动研究(XZ-JY3)

作者简介:顾秉林,吉林德惠人,清华大学高等研究院院长,原清华大学校长,中国科学院院士。

高校工程教育以工程科学和工程技术为主要内容,在发展过程中不断强化自身的知识生产功能,使之成为国家科学技术持续发展的必要基础和源泉,逐渐加强与国家经济社会的密切关系,传授世界先进的科学技术和工程知识,教授先进的理论知识,培养直接面向社会生产实际的工程技术人才,从而真正推动我国经济社会的持续发展。在这里,工程性(engineering),就是指工程作为一种人类活动所具有的性质和特点。创新性(creativity)亦即工程创新,主要表现为集成性创新,一般体现在两个层次,一是技术层次,工程创新活动需要对多个学科、多种技术在更大的时空尺度上对各类资源要素进行选择、组织和集成优化;二是技术要素和经济、社会、管理等基本要素在一定边界条件下的优化集成。<sup>①</sup> 院校工程教育的创新性是以其工程性为基础的,既强调工程技术在解决实际问题上的实践性,又要求在实践的基础上培养学生的创新能力。

在工程教育人才培养过程中,工程性与创新性不是两个问题,而是一而二、二而一的问题。就工程教育的本质而言,工程教育(Engineering Education)作为传授工程专业实践的基本知识和原则的活动,以工程科学为主要学科基础、以培养工程人才为目标,具体包括工程师的基础教育、提高教育和专业化教育等,还通常伴随着额外的检查和监督培训,要求学习者获得专业工程认证。<sup>②</sup> 作为具有特殊规定性的教育活动,工程教育尤其强调实学、集成和创新原则。<sup>③</sup> 概言之,作为高等教育体系重要组成部分的工程教育,除了具有一般高等教育的特征外,还具有其独特属性,即工程性和创新性。二者有机统一于工程教育的人才培养全过程中,工程性是工程教育内在属性中的基础成分,创新性则体现了工程教育的目标规定性。这就要求工程教育实施中,必须要重视人才培养的工程思维训练、强调工程实践和创新能力的培养。

## 二、我国工程教育的工程性创新性人才培养状况

为了摸清我国工程教育工程性和创新性人才培养的实际状况,我们对工程教育院校进行了考察和调研,包括“985工程”院校、“211工程”院校及地方本科院校等不同层次,也包括学术型、应用型等不同类型。我们主要从教学培养目标、课程体系、毕业生的毕业产出、校企合作、师资队伍等几个方面,来描述和分析工程教育的工程性与创新性问题。

### 1. 培养目标

工程人才的分类是多样的,工程创新的类别也是多样的,这种多样性决定了高等工程教育的发展方式不应只有一种形态。但调查发现,我国不同类型学校工科专业的培养目标虽然比较全面,但呈现趋同的特点。在办学定位上,往往过于追求理论意义上的科学化,而忽略了各校自身的特色与办学理念;在评定指标中,一味地强调科学研究、学术论文的发表,而忽视了工程实践教学的特性与研究,忽略了工程实践教学内容的时代性与系统性。这种趋同的教育培养目标,极大地影响了我国工程人才的创新性和工程性。

我国本科工程教育人才的培养目标,至少应包括三方面:一是具有扎实的数理知识及工程专业基础;二是具有良好的工程意识和实践能力,包括在实际工程环境下识别问题和解决问题的能力、工程设计的能力、参与实践的能力;三是具有与职业发展相关的综合素养,包括高尚人文情怀、宏观思维意识、团队合作精神、多学科多领域视角(经济、法律、社会、文化等)理解工程的能力,以及终身学习能力等。同时,工程教育应重视工程领导力的培养,筛选有领导潜质的学生,通过主修、辅修课程和各类培养计划,对其领导力进行开发。由于现代工程技术的复杂性,需要多类型、多层次的工程共同体成员全面协作才能达到

<sup>①</sup> 殷瑞钰等. 工程哲学[M]. 北京:高等教育出版社,2007. 21.

<sup>②</sup> Engineering education. From Wikipedia, the free encyclopedia[EB/OL]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Engineering\\_education](http://en.wikipedia.org/wiki/Engineering_education), 2013-04-05.

<sup>③</sup> 李晓强. 工程教育再造的机理与路径研究[D]. 浙江大学,2008.

目的,所以一定的管理理论和管理实践是工程师胜任工程师岗位的应有条件。这是世界工程科技人才培养的新动向,值得重视。

## 2. 课程教学

近年来,工程教育实践课程出现了多种途径的创新。在课程体系的建设上,强调“问题导向”,打破学科界限,理顺理论课程与实践环节之间的关系,实施一体化课程计划。许多高校统筹规划实践教学环节,使各环节之间具有层次性、连续性和贯通性,整合跨学科课程内容,开发国际化合作项目,增加与工程专业相关的可持续发展内容等。

工程教育实践教学方法的研究也越来越受到重视,尤其是研究性教学开始广泛推行。作为引导学生主动探究、培养学生实践能力和创新精神的一种有效教学方式,研究性教学符合工程师能力培养规律和综合素质形成的逻辑,强调以学生为中心、问题导向、主动学习,让学生在学中做、做中学、做中思,在很大程度上沟通了理论知识和实践训练,是工程性和创新性人才培养的有效方法。

研究发现,高校工程课程体系在基础课、专业课、实验课、课程实习、毕业设计以及通识课程等方面,都给予了一定程度的重视,其中对实践课的重视程度普遍有所提高,显现出较强的工程性。但学科划分过窄、课程设置单一、教学内容陈旧等问题依然存在。特别是第二课堂、创新创业活动、讲座和竞赛等方面的活动和课程开发不够,很多学校未将其作为正式课程纳入教学体系。在毕业产出方面,工程性因为专业不同而存在显著差异,一些工科毕业生热衷做论文而不愿做设计,“真刀真枪”的工程设计比例较少,仅仅通过仿真、模拟,在计算机前撰写的论文较多。这种现象应当引起充分注意。

## 3. 校企合作

科技日新月异、迅速发展的今天,高校如果不能充分聆听企业对人才的需求,培养出来的人才无法适应企业和社会的需要,就很难担负起向企业和社会输送合格人才的使命。尤其是一些高校在扩招后教育质量滑坡的问题,导致了大学毕业生工程实践能力较差、需要培训方能上岗的现象大量存在。

经验表明,校企合作有利于培养人才的工程性和创新性,是工程性和创新性人才培养的重要途径和方式。近年来,我国高校与企业工程教育上的合作日益多样化,工程专业积极与企业建立实习基地、派送学生到企业实习;通过联合攻关科研课题,工程专业教师与企业进行各类产学研项目合作;校企共同组建“大学生创新中心”,培养和提高大学生的创业创新精神,实现成果转化,实现校企双方在人才培养、科研合作的有效共赢。总之,校企合作出现了不少“亮点”。

但是,从整体上看,工程教育与工业界脱节的现象仍严重存在。其原因在于我国工程教育在市场经济的新环境下,尚未建立起与企业密切联系的完整机制,也在于研究型大学及其教师的评价体系发生变化,过分强调在国际刊物发表论文,而把国家和企业的真正需要抛在一边。目前,在建立稳定的校企合作伙伴关系,高校主动适应企业对人才的需求,企业积极为高校提供工程实践条件、参与学校专业的教学活动,共同制定人才培养目标,开展教学质量评估,根据企业对员工的要求标准,量身打造大学生培养计划等方面,尚待进一步努力。

## 4. 师资素养

工程实践是工程教育最重要的环节之一,教师和学生都应该具备实践经历,这是确保工程教育工程性的重要条件。近年来,我国的工科教师缺乏工程实践经验,几乎成为所有关于工程教育和工科教师的研究所指出的共同问题。为此,一些学校开始关注工科教师队伍的工程实践能力,关注学生培养过程中的实践应用,克服教师从学生时代起就缺乏工程实践训练的现象,努力解决高校的工科教师基本都是“从学校到学校”的素质缺陷,改进高校教师评价体系重理论轻实践的错位,解决教师入职后参与工程实践的机会、动力及制度保障等问题。

调查发现,从高校专任师资的工程实践经历状况看,地方本科院校的专任教师队伍中有全职企业工作经历的比例最高,“211工程”院校次之,而“985工程”院校最少。从具有工程背景的兼职教师人数统计

看,也是地方本科院校有兼职教师队伍的比例最高,“211工程”院校次之,“985工程”院校最少。这与“985工程”“211工程”高校要带头培养高层次、高素质、多样化、创新型工程技术人才的目标要求很不适应。

与此相对照的是,美国大学工科领域的兼职教师有相当一部分来自工业界,他们在促进教学与工程实际结合、培养交流表达能力、了解客户需求和工业界环境、开展合作教育、为学生提供就业信息等方面,发挥了重要作用。

另外,我国未来具有工程背景的工科教师队伍将面临更严峻的局面。现在,具有全职企业工作经历、曾在企业当过工人的教师,年龄大多集中在五六十岁,这与特定的时代背景有关。“文化大革命”时期很多学生青年在工厂劳动,“文革”结束后考进大学,因而具有在企业工作经历。但改革开放以后,随着那段时期的教师逐渐退休,有此类经历的教师越来越少,新一代教师几乎没有以工人身份参与过工程实践。

高校工程教育的实际状况表明,我国工程科技人才的工程性、创新性培养在认识上已逐步受到重视,但仍然存在明显不足。必须加快改革步伐,加大改革力度,国家要在政策上大力推进,以培养工程性和创新性兼备的工程人才。

### 三、工程性创新性人才培养的政策与措施

影响一个国家工程教育质量的因素包括工程教育发展的历史与传统、教育观念、工程教育体制因素、教育资源投入和教育评价等。麻省理工学院校长维斯特曾提出“工程教育必须更密切地回归到工程实践的根本上来”,这是工程教育发展的关键所在。

根据我国建设创新型国家和未来工程科技人才培养的要求,我们在对我国工程科技人才调查研究的基础上,提出以下对策建议。

#### 1. 理清发展理念与战略,重塑工程教育

重塑工程教育已在国际范围内广泛开展。要准确定位和有效解决我国工程教育现存的实际问题,在借鉴国际经验的同时,考虑本土环境和不同高校的具体情境。教育系统、政府部门及相关社会组织通过持续的合作,采取相应的政策调整,进一步加强在工程教育再造领域的战略、路径及方法等方面的研究和实施工作。

——重视预测。要对10年、20年、50年以后的环境进行合理预测,特别是对我国工业发展趋势和存在的问题有深刻认识,把握面向未来的工程科技战略前沿以及人才需求,而且有效地反馈给高等工程教育系统。

——厘清责任。要分清学校、政府、企业、社会各自的作用和责任。国家、政府、企业,以及社交媒体、国际伙伴间要有效交流,通力合作,进而构建工程教育再造的网络,形成多方合作责任体系。

——综合治理。在开展深入研究的基础上,借鉴并吸收国内外经验,在教育实践中尝试工程教育改革的可行方法,加强综合治理。

#### 2. 重视环境建设,提供政策和制度保障

环境条件不仅包括人、财、物等硬件设施,还包括政产学研合作、学术期刊建设、国际交流合作、政策支持和舆论引导等软件要素。需要大力支持工程教育的实践教学,加大投入力度,为实践教学的开展提供充足的场地、设备等物质资源。

——建立创业型拔尖工程科技人才的流动机制和平台,鼓励多平台、跨平台的科研和创业实践、鼓励政产学研建立联合的高端平台,为培养拔尖工程科技人才创造条件。

——鼓励以创新创业团队为基础考核单元,建立以团队为基础考核单元的项目评估和激励制度。

——完善知识产权保护制度和相关政策,鼓励优质资源向创业型工程科技团队流动,促进工程教育创新的长期的、有效的校企结合。

——建立和完善与国际接轨而有中国特色的工程教育专业认证制度和工程师资格认证制度,积极引导和推动工科院校对专业目标、课程设置、教学方法和评价体系的调整。

——鼓励高校和企业之间的合作,为接纳学生实习的企业提供税收优惠政策,鼓励青年教师通过在企业工作或参与大型工程项目等途径,积累工程实践经验,鼓励企业经验丰富的工程师和管理人员到高校任教或兼职,实现产学研共赢。

——构建合理的工程教育体系,注意推动中小学教育改革,把工程的理念、方法和内容渗透到基础教育中,推动中小学的“小小工程师”活动。

——加强继续工程教育,广泛宣传继续工程教育的意义。高等院校要承担起继续教育的重要责任,开展工程教育再造的试点与推广。

——设立相关国家专项基金,专门用以鼓励工科学生的领导力和创业能力的提高。

——提高社会对工程教育的认可度。媒体要正确宣传工程教育,运用群众所喜闻乐见的语言,实事求是地通过媒体,提高工程教育和工程师的社会影响力。

### 3. 加强工科教师的工程素养

现代工程教育中培养环节出现的诸多问题均与教师队伍建设的不完善有着直接联系,因此特别需要加强工科教师队伍的建设,着力提高教师的工程素养。

——提高工科教师的职业吸引力,尤其是从事教学岗位的工科教师的职业吸引力,留住有工业企业工作经验的教师。

——完善工科教师培养模式,改变目前国内高校工程专业的教师群体缺乏实践经验的状况,完善工科教师的遴选、资格评审相关标准,并健全对教师职业技能的开发、培训制度,拓宽工科教师来源渠道;进行人事体制改革,改革教师的聘用和评价机制,有针对性地吸收一部分实践经验丰富的工业界人士,增强工科教师群体的多样化。

——提高工科教师面向实际工程问题的研究能力。要在制度和措施层面更深入地开展探索和尝试,鼓励工科学术与企业的人员流动,并给予财政上的支持,探索有中国特色的“总工教授制”和工科大学教师的“工业学术休假制”等制度建设,鼓励工科教师参与工程实践。

### 4. 加强工科学子工程和创新能力的培养

学生既是工程教育的对象,也是工程教育的成果。作为工程教育系统的培养对象,工程教育改革也需要对招生和就业系统的关注,对其系统内的活动进行管理和改善。

——吸引优秀学生攻读工科专业。要深入探讨人们对工程教育的看法、职业的国际化、职业的社会地位、家庭和周围环境等影响学生选择工程专业的因素,进一步研究工程专业毕业生的社会影响力和收入水平等,突出工程专业的特点和优势。

——通过建立完善的工程教育课程体系和实践体系,大力拓展与企业的教育教学合作,强化实践教学和探究性教学,进一步强化第二课堂和毕业产出的工程设计,着力提高工科学生的工程思维和工程能力。

——鼓励毕业生选择工程领域就业。为学生提供工程职业规划辅导,提供工程职业的薪酬及晋升等信息,深化企业合作,加强思想教育,鼓励毕业生到工程领域建功立业。

### 5. 构建科学的人才培养目标和课程体系

工程类人才培养的目标应当是:具有国际视野的行业领军人才、国际认可的高级工程技术人员和研发型高端人才。创新能力培养是工程类人才培养的核心。要深化课程体系改革,建立“全过程、递进式”的实践教学体系,通过强化基本技能、培养综合实践能力和参与创新实践三个层次,体现认识深化和实践能力递进式提高的不同要求,培养学生的动手能力、基本技能、发表能力和工程综合能力。

工程教育的内容、手段和方法,集中体现在课程设计上。工程教育再造中的课程设计,实质上就是要

处理好工科课程在理论与实践、分析与综合、知识教学与工程训练等方面的平衡,并突出工程教育的实学、集成与创新原则。

——强化课程的顶层设计。理念层面强调以“解决工程问题”为导向的课程体系,打破学科界限,将相关专业、领域的知识进行系统性重组与划分,理顺理论课程与实践环节之间的关系,培养学生实际解决问题的能力。

——加强课程理论性与实践性的结合,既要将设计、制造等内容引入课程,使学生有机会早期进入科研,接触工程实际;也要加强跨学科学习与研究,让学生从各个学科中汲取知识来解决复杂的工程问题,使学生具备跨学科的学习与研究能力。要重视工程成败案例的学习,将工程案例进入课程内容,让学生接受更贴近现实的工程教育。

——加强基础科学教育和人文社会科学教育。既要加强数理化基础科学教育,让工程学生夯实基础,培养科学探索精神;又要加强人文与社会科学教育,培养学生将技术创新管理、项目管理、质量管理、沟通与协调管理、以及传统文化与现代科学技术整合运用的能力。这些对创新意识、创新能力的提高很有帮助。

——增加与工程相关的可持续发展、创新创业教育。帮助学生树立正确的工程伦理观念,了解在工程活动中应当遵循的伦理原则与规范、应该担当的道德责任。设置有关工程伦理的课程,涉及工程的法律与道德、伦理与隐私、诚实与责任、安全与风险、工程与环境、开拓与自律、工程职业化、国际工程规范等主题和内容。

——加强国际化适应性的学习。通过卓越工程师培养计划,通过国际实质等效性的国际工程教育认证等过程,参照国际标准评价和评估课程质量,加强学生适应性学习,培养学生的语言能力和对多元文化的理解和适应能力。

总之,工程科技是国家综合国力和社会发展的反映,当代中国的经济增长和经济转型在根本上要靠中国工程科技的进步。当今中国发展存在的重大难题,如环境、气候、能源、可持续发展、城市化、贫困和地区发展不平衡等,都需要工程师的参与,为之提供解决方案。因此,政府应尽快制定切实和适当的政策,高校应充分研究工程性创新性人才培养的规律,社会组织特别是工业企业要与政府和高校合作,创造良好的环境与平台,共同打造一流的工程教育,培养一流的工程性创新性人才,为国家产业升级和经济转型提供强有力的支撑。

## Developing Innovative Engineering Talents

GU Bing-lin

(Tsinghua University, Beijing, 100084)

**Abstract:** Developing innovative engineering talents is key to building an innovation-oriented country and promoting the transformation of economic development; it is also the direction of future international engineering education. Targeting problems with talent cultivation in Chinese higher engineering education, this paper proposes further updating engineering education concepts, constructing a sound engineering course system, cultivating the technology and engineering literacy of engineering instructors, and promoting the development of engineering and innovation capacity of engineering students.

**Key words:** engineering education; engineering professional; engineering; innovative