

工科教育模式的改革和实践

王 刚

【摘 要】 本文回顾 60 年来我国高等工科教育的发展历史,分析了工科教育存在的普遍问题及产生的原因;根据专业教育模式和工程教育模式(CDIO)的内在联系,提出要通过改革和完善专业教育模式,从而在专业教育模式基础上实现向工程教育模式的渐进转变,培养满足社会需要的工程技术人员。

【关 键 词】 工科教育 教育模式 工程教育 教育改革

【收稿日期】 2010 年 9 月

【作者简介】 王刚,上海第二工业大学副校长、教授。

改革开放以来的社会,对大学工科毕业生的质量提出了越来越多的批评。这种批评主要来源于毕业生难以适应快速发展和日益复杂的工程技术以及毕业生薄弱的合作和交流能力。国内高等学校正在努力改变这种现状。很多高校正在通过通识教育、工程教育等模式的改革,寻求培养学生、社会和学校共同满意的毕业生。作为以工科为主的上海第二工业大学,也正在探索应用型工程技术人才的培养道路,推动工科教育的改革和发展,努力使大学毕业生适应经济全球化、产业转型和升级时代对工程技术和职业人才的需要。

分析工科教育的历史和现状,探究目前实行的工科教育和时代对人才需求之间的一致性和差异性,寻求持续改善的可能,是本文的目的所在。

一、工科教育模式和问题

1. 课程中心的教育模式。

西方工科教育的模式是以课程为中心开展的。其逻辑起点是以课程为载体,以学生的职业生涯发展需要为目标,通过精心设计的课程集合,完成学生知识积累和能力培养。这种模式的基础是大量的课程和课程组合,学生有最大的自由选择课程,完成某专业的学习。

按照课程中心模式学习的工科毕业生,在工程基础理论和学科知识以及自主学习能力、交流能力方面得到基本的训练,为开展工程活动奠定了良好的基础。但是,由于工程项目的系统性和日趋复杂的学科交叉性,通过自主选择课程获得的知识和能力缺乏必要的系统和综合,毕业生面对国际化背景下的实际工程项目需要一个艰难的

适应过程。

2. 专业中心的教育模式。

目前国内高校的教育模式基本围绕专业开展,课程设置以即将从事某专业研究、设计所需要的知识、能力为中心。专业中心模式的特点是教学环节的设置集中在毕业生能够从事产品设计和实现两个环节,毕业生在一个团队中能够胜任本专业某个研究、设计或实施环节,但其知识、能力不能满足在工业生产日益国际化社会的产品、流程和系统构思、设计、实现和运行的全过程的需要,不能适应领导一个团队或在团队中工作的需要,特别是不能适应在所学专业以外的领域开展工作的需要。

3. 工科教育问题分析。

中国工程院院士朱高峰^[1]认为,我国工程教育存在的主要问题,一是工程教育定位不明确,学科专业划分过细,学生知识面太窄,科学基础不坚实并缺乏工程实践的基础训练;二是培养层次、结构体系和人才类型与企业需求存在一定程度的脱节,缺乏对综合运用知识解决工程问题能力的培养;三是对继续教育重要性的认识不足,继续教育与产业和企业结合不够紧密,培训需求与供给的矛盾比较突出。因此,中国的工科教育在管理、理念、师资等众多方面都存在着违背高等教育一般规律和与社会经济发展脱节的问题,工科人才培养的质量难以满足社会经济发展的需要。

现代工程技术项目是涉及多个学科和工程领域的多学科交叉的复杂体系,工程师需要为产品、流程和系统提出解决方案并加以实现,因此,仅仅

依靠传统的一个专业的理论、知识和技能已经远远不能满足工程实际的需要,这也是在目前专业教育的模式下进行学习的大学毕业生不能适应实际工程技术工作的重要原因之一。

专业培养方案设计和课程设置,缺乏与产业和社会的沟通互动。各专业教学指导委员会几乎全部由教授组成,产业界对培养目标、培养过程、教学手段和方法几乎没有影响,这使得工科教育从培养目标到培养过程乃至培养结果总体偏离工科教育的本意。

70年代以后,工科教师大多数是从校门到校门,虽然有很高的学历,但先天的工程背景薄弱和对工程本质后天追求的懈怠,导致与业界沟通以及共同语言的缺失,工科教育越来越向工程研究的人才培养方向转变,在这种模式下培养出来的毕业生,动手能力欠缺,没有实践经验,不愿意也不会做工程师该做的具体工作。

忽视工科教育不同实现主体的差异性也是造成工科教育质量低下的原因。目前大多数大学本科工科类专业,无论是学术型大学或者应用技术院校,一般均采用来自政府、全国统一的专业指导委员会推荐使用的为精英人才设计的方案,很大程度上忽视了高等教育大众化以后学校之间、学生之间的差异,以及经济发达程度不同地区之间的差异,千人一面的培养模式导致适应性降低而培养质量不能得到保证。

目前国内高校沿袭的专业教育模式,近年来大体有两次比较大的变化,第一次是1998年专业调整,调整后专业缩减为249种,主要是顺应经济体制的变化和毕业生就业方式的变化,提高毕业生就业的适应性,同时可以解决由于工程科学和技术的复杂性带来的对复合型人才的需求,“宽口径、厚基础”成为当时本科教育的一抹亮色;第二次是院校管理体制改革的以后,高校教育需要更好地适应地方经济的发展,高校专业设置和人才培养与地方经济对接,特别是1999年扩招以后,毕业生被要求能更快地适应特定岗位的工作,一度又有更多的新专业设立或者原来被合并的老专业重新分离出来。但是,这两次变化,专业培养方案的构架没有发生大的变动,工科教育的本质继续朝工程研究型教育的方向迈进,包含公共基础课、专业基础课和专业课三大主要部分,有的只是为扩大学生的知识面和综合素质设立的素质拓展(选修)课程。

专业教育模式的优势在于围绕专业岗位的要求设置教学环节,希望完成培养方案的毕业生能够适应本专业的工作。

但是,由于社会经济和工程技术的高速发展以及教与学多方面的原因,现在的毕业生难以达到原来设定的教育目标要求,同时由于在一些经济发达地区就业机会的相对充裕,毕业生自主择业和跨专业择业的机会增加,高等学校教育质量和社会期望之间的不适应日趋严重。

二、时代对工科教育的要求

伴随当今社会经济和工程技术的发展,社会对工科教育提出了新的要求。

波音公司对工科学生的要求为:能很好地理解工程科学基础,包括数学、物理和生命科学、信息技术;很好地理解设计和制造的过程;具有多学科、系统的视角;基本了解工程实践的背景环境(经济、历史、环境、顾客和社会需求);要具有良好的交流能力(书写、口头、图表、聆听);要具有很高的职业道德标准;要具备批判性和创造性的思维方式;要有适应快速或重大变化的能力和自信,要具备好奇心和终身学习的能力;具备在团队中领导和工作的能力。^[2,3]

国内企业界对工科毕业生的要求,在重视加强教学和科学基础的前提下,注重培养学生的工程实践能力、表达交流沟通能力与团队合作精神、终身学习能力、职业道德及社会责任、社会人文和经济管理、环境保护等知识^[4]。

工科教育的目标要从专业能力的培养向工程能力培养转变。市场经济已初步建立,企业的生产根据市场需要进行,企业对人才的需要也和企业的发展密切相关,企业可以对大学毕业生进行选择,大学毕业生也可以根据自己的发展选择合适的企业,因此,大学应该更多地满足学生职业生涯发展的需要,培养方案要完成由专业中心向学生的工程技术职业生涯及发展为中心的转变。

由于现代工程技术的复杂性,培养单一的专业能力要向培养学生的综合能力转变。现代社会的发展,工程项目的解决方案涉及到产品、流程和系统的整个生命周期——产品的适应性、绿色设计、绿色制造、服务和后处理等;同时工程技术的学科交叉复杂趋势要求毕业生具备在复杂的工程条件下解决工程实际问题的复合能力。

三、工科教育的发展

我国在50年代学习前苏联,高等院校在院系

调整后以行业办学的模式进行工科教育,其特征是分科很细的专业教育,学生受到非常专业的工程训练。在计划经济的时代,绝大部分的毕业生被分配到相应的岗位上工作,能够很快地适应专业工作。这种分科很细的专业教育的特点是围绕专业的需要设置相关的课程和实践教学环节,使学生得到专业所需要的工程基础理论和知识、专业知识和相关的设计和实施的能力,毕业生基本达到专业技术人员的要求。因此可以说,当时的高等工科教育基本适应了相当一段时期经济和科技发展水平以及国内计划经济的体制和产业发展的需要。

改革开放以来,随着社会主义市场经济的逐步建立和完善,大学毕业生由计划分配逐渐向用人单位自主选择毕业生和毕业生自主选择就业“双向选择”转变,太过专业的教育模式受到挑战,回归“大学精神”的通识教育成为众多大学的选择。教育部也在1998年大刀阔斧地把当时的1039种专业削减到249种。可以说,当时的决策使得尚处精英教育阶段的高等教育更加适应社会对毕业生的选择和毕业生对职业的选择。

高等教育大扩招以后,我国高等教育完成了从“精英教育”向“大众教育”的转变,教育资源的严重不足、高等教育的教育和受教育群体总体素质的变化,使得原有精英教育模式对很大部分高等学校特别是新建本科院校已经不再适用,一大批新建本科地方院校积极探索适应“大众教育”的有效模式,有的已经取得了一定的进展,但总体上尚未脱离专业教育的模式。

为了解决高校工科毕业生不能适应社会经济和工程技术发展需要的问题,由美国麻省理工学院(MIT)、瑞典查尔姆斯技术学院、瑞典林克平大学、瑞典皇家技术学院等4所工程大学发起,全球23所大学参与开发的一个国际工程教育合作项目,建立了一个新型的工程教育模式^[1],称为C(Conceive)D(Design)I(Implement)O(Operate)模式。

CDIO模式的精髓在于:掌握基础技术中深厚的应用知识;培养善于构思、设计、实现、运作新产品/系统的技能;能完成复杂的系统工程;能适应现代化开发团队和开发环境。

CDIO把习惯的、传统的“专业”要求学生学什么、怎么学转变为从学生适应社会需要的个人能力发展的根本出发。

在课程中心模式下实施工程教育,改革的要点在于把工科学生需要的知识和能力的培养贯穿于产品生命整个周期,增加不同综合程度的项目,训练学生在产品生命的各个阶段思考问题的方法和原则,把从不同课程中获取的理论和实践知识在综合项目的实施过程中进行有效的整合。

从2005年起,汕头大学在顾佩华教授^[5]的领导下,在工学院开始CDIO工程教育模式的探索和实践。2006年,汕头大学成为首个中国高校CDIO成员。汕头大学根据我国在职业精神和职业道德教育方面的薄弱,在CDIO改革的同时强调职业道德的重要性,把EIP(Ethics, Integrity, Professionalism)和CDIO完整结合,形成一种新的培养模式即EIP-CDIO模式。

2008年,在教育部支持下,成立了有15个国内高校和5个企业参加的CDIO工程教育模式研究和实践课题组,开始进行较大规模工程教育改革的思考和实践^[6]。参与第一批试点的有成都信息工程学院等17所工科类院校。上海第二工业大学列为第二批进行改革试点单位。

四、专业教育向工程教育的渐进

专业教育模式和课程中心模式共同的问题是毕业生不能适应现代工程技术的需要。CDIO模式是针对课程中心模式下工科毕业生系统分析能力不足、交流能力欠缺、知识综合性不强的弱点提出的培养合格工程技术人员的解决方案,该方案同样也适应解决专业教育模式下工科毕业生知识能力结构和社会需要脱节的问题。从模式结构上分析,专业教育模式和CDIO模式具有天然的相似性,通过对专业教育模式的适当改革,工科毕业生的知识能力结构和对社会需求适应的程度将大大提高。

专业教育的模式,比较充分地考虑了工程基础理论、专业基础和专业课程,使学生基本具备了从事工程技术活动的基本能力;课程设计环节的设置,使学生在学习的不同阶段掌握知识的综合应用有了很好的载体;毕业设计环节的设置,使学生在毕业设计项目这个载体上能够全面、综合地运用大学阶段全部知识和能力。但是,目前实施的专业教育模式存在一些缺陷:一是工程项目(产品)生命周期的不完整性,仅仅涉及了工程项目(产品)生命周期的设计和实现阶段,而忽视了构思和运行两个工程项目(产品)生命周期中非常重要的部分;二是课程和其它教学环节的功能发挥

的不完整性,课程和其它教学环节仅仅完成了知识传授的功能,课程和其它教学环节中诸如交流能力、团队合作能力、领导能力培养的潜在功能没有得到充分的发挥;三是课程设计和毕业设计项目设置综合性不够,还难以达到应达到的综合训练的作用。

基于以上分析,从专业教育模式向工程教育模式转变可以从三个方面来探索和实践:一是在培养目标上,把学生专业能力的培养转变为学生工程能力的培养,即把学生的学习领域扩大为国际化背景下工程综合能力的全面培养;二是把以专业为中心的课程设置转向以学生能力为中心的课程设置;三是把课程由实现专业教育目标的载体转变成培养学生能力的载体。

改革分为三个层面:

第一层面,要扩大学生的学习领域。

全面分析国际化背景下现代经济、科学发展水平对工程技术人员的能力要求,全面剖析现有培养方案存在的薄弱环节,适当增加学生在全球化环境中对产品、流程和系统的构思、设计、实现和运行全过程的把握和认识,特别是要加强产品、流程和系统前期的构思方法和思路以及运行保障的程序和方法。具体来说,要适当增加一些教学环节,如对不同文化的认同、不同国家对产业的规范、环境保护、能源政策、对时尚的把握、顾客的权利等。要改变原有围绕课程开展的设计项目,围绕某一课程群设计不同综合程度的训练项目(二级项目),还要重新考虑毕业设计这个综合性环节的改革,使之成为在不同社会环境中产品、流程和系统设计全过程的全面综合项目(一级项目),同时还要全面考虑课程设计与项目之间以及课程设计与项目和毕业环节之间的相互关系。

第二层面,根据培养目标(质量标准),设计新的课程体系和实践体系。

根据工程教育对能力培养的要求,新的课程体系和实践体系构成包括工程基础能力课程组、专业能力课程组、综合能力课程组以及在课程、课程组和综合训练三个不同层次的工程项目。工程基础能力主要包括数学、物理、化学、生物等;综合能力的培养可以通过各国文化传统、逻辑方法、法律、图形表达、外国语言、表达媒体等课程的学习来实现;通过三个不同类型和规模的工程项目,藉以实现团队合作能力,不同背景下构思、设计、实现和运行产品、流程和系统的能力,以及领导能力

等。按照工程教育的要求,在原有专业教育模式的课程体系中要适当增加培养综合能力必需的课程或者其它教学环节。

第三层面,课程和实践项目的质量标准(课程大纲)。

按专业教育模式设置公共基础课、专业基础课、专业课、课程设计、实验项目和毕业设计(论文)各个环节,在学生能力培养中还可以发挥更大和更全面的作用。因此,要根据能力培养的要求,充分发掘不同课程在能力培养中的潜力,并把这种能力培养要求加以标准化,这些标准就是课程的质量标准,相比传统的课程标准,它们应该更科学、更全面,在学生能力培养中发挥更加有效的作用。

例如对英语课程来说,除了传统的要求掌握英语的听说读写及应用以外,要加强在学习过程中了解英语国家的文化、民俗和传统的要求,为学习小组设计各种主题,通过不同的表达方式(演讲、报告、PPT),达到提高团队合作及英语表达、交流能力的目的。在二工大CDIO试点班的英语教学中,该实践取得了很好的效果。

再如,在课程设计(二级项目)实施过程中,除完成项目规定的任务外,还可以通过分组的形式,建立和实际工程项目实施相同的组织架构,明确项目组成员的角色,在任务的分解、落实和完成的全部过程中,使学生得到角色体验、受到在工作团队中担任领导或在团队中工作的训练。

又如,通过扩大的毕业设计环节(一级项目),让学生从学习的早期就开始接触实际的工程项目,在低年级开始项目前期的调研和创意(C),同时,深化设计(D)和实施(I),在可能的情况下考虑项目的运行(O)内容,从而完成产品、流程或系统整个生命过程的综合训练。

五、结语

目前,工科教育向工程教育转变已经成为教育模式改革的大趋势,许多高等学校正在进行实践工程教育的探索,但也遇到很多的问题。对工程教育模式的认同势必带来对专业中心教育模式培养工程技术人才有效性的怀疑。笔者认为,只要在理念一致的条件下通过三个层面的渐进改革,培养适合社会需要的现代工程技术人员的目标一定能够实现。

在专业中心模式的基础上,只要通过对培养目标重新审视,从现代工程技术人员能力构成出

发增加一定的教学环节,按照工程技术人员能力要求重新构建课程和实践教学体系,发掘课程在人才能力培养过程中的潜力,就可以逐步实现工程教育的目标。

参 考 文 献

- [1] 王蔚、叶锋:《中国在21世纪迫切需要五类工程人才》, http://www.jyb.cn/high/gjsd/200712/t20071203_129091.html
- [2] 顾佩华译:《重新认识工程教育》,高等教育出版社2009年

版。

- [3] 查建中、何永汕:《中国工程教育改革三大战略》,北京理工大学出版社2009年版。
- [4] 徐建国:《企业对高等工程教育改革的期盼》,《中国教育报》2007年10月19日。
- [5] 顾佩华、陆小华:《CDIO工作坊手册》,汕头大学出版社2008年版。
- [6] 陶勇芳、商存慧:《CDIO大纲对高等工科教育创新的思考》,《中国高教研究》2006年第11期。

Reform and Practice of Engineering Education Model

Wang Gang

The article has reviewed the development of advanced education of engineering in China, putting forward the common problems in engineering education and analyzing the causes of these problems. It has also proposed that professional education model should be reformed and perfected to realize its gradual transformation to engineering education model and to cultivate engineering technical talents meeting the needs of modern society based on the coherent relationship between the two models.

(上接第27页)

参 考 文 献

- [1] Altbach, P. G. Globalization and the University: realities in an unequal world, in Altbach & Forest (eds), International Handbook of Higher Education, Springer.

- [2] Knight, J. (2003) Internationalization of Higher Education Practices and Priorities: 2003 IAU Survey Report.
- [3] 《中国高等教育国际化战略研究——以上海交通大学为例》,《技术监督教育学术刊》2008年第2期。
- [4] Knight, J. (2003) Internationalization of Higher Education Practices and Priorities: 2003 IAU Survey Report.

Internationalization of Research Universities in China: a Case Study of Sino-French Engineer College of Beihang University

Liu Yang, Zhao Tingting

Along with the globalization, internationalization has been a major trend in higher education in China. However, research universities in China are facing some problems such as low level of international cooperation and weak consciousness of international marketplace. It not only lowers the developmental level of our research universities' internationalization, but also limits students' development in their internationalization ability. Taking Sino-French Engineer College of Beihang University (BUAA) as an example, this paper analyzes some characteristics during the cooperation between BUAA and some French higher education institutions in management, educational objective, curriculum, instruction, and practice, and then finds some advantages and deficiencies, hoping to have some reference significance to other research universities' internationalization.