

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2015.0006.0014

# 基于 CDIO 理念的软件工程专业人才培养模式的研究\*

汪 军, 强 俊

(安徽工程大学 计算机与信息学院, 安徽 芜湖 241000)

**摘 要:**针对我国高等工程教育的现状,分析了 CDIO 工程教育模式和我国软件工程专业教育的特点以及目前软件工程人才培养中存在的问题,探索了在软件工程专业的卓越工程师教育培养计划中融合 CDIO 教育理念的培养机制;通过将人才培养过程与工程项目或软件产品的运行周期结合,设计专业人才培养方案,构建课程理论与实践教学体系,整合校内外师资力量,按照知识、能力、素质 3 个方面规范人才培养质量标准,以支撑当前教学改革中卓越工程师教育培养计划的培养。

**关键词:**软件工程;工程项目;卓越工程师教育计划;CDIO;标准

**中图分类号:**TP240

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-058X(2015)06-0070-05

自 20 世纪末本世纪初的中国高等教育跨越式发展以来,我国的高等工程教育已全面进入大众化阶段。根据 2013 年 8 月教育部全国教育事业统计公报显示,截止 2012 年,本科高校达到 1 145 所,具有工科专业的本科高校占本科高校总数的 90%;在校本科生 1 427 万,其中工学在校生达到 452 万人,占有在校生的近 1/3,在校硕士研究生 144 万,其中工学在校硕士生超过 50 万人,超过所有在校研究生的 1/3,培养规模位居全球高校首位,已迈进全球高等工程教育大国的行列。但是,在这种大量高校毕业生充斥的人才市场环境中,企业却招不到合适的员工,造成这一矛盾的根本原因在于高等教育没有跟上工程应用对人才需求的发展上。一方面,现代市场经济条件下的企业,出于企业成本和用人机制的原因,不愿意花费人力、物力给毕业生一定的时间锻炼工程实践能力,使得毕业生成长为工程师的见习适应阶段出现了断层。另一方面,大学的工科教师队伍普遍缺乏工程实践经验,他们学历虽高,但缺乏工程思维和理念,更缺乏实际的工程实践锻炼和解决实际问题的经验,使得目前工程师的培养只能仍然按照传统的科学教育模式,人才培养模式单一、毕业生工程实践、创新能力不足。两个方面的原因造成所培养的工科毕业生虽然具有较为扎实的理论基础,但缺乏工程实践能力和工程创新意识,动手能力差,与企业对工程应用人才的需求严重脱节。这对于软件工程这类产品设计与工程类专业的毕业生而言尤为突出<sup>[1]</sup>。

2010 年 6 月 23 日,教育部在天津召开“卓越工程师教育培养计划”启动会,联合有关部门和行业协(学)会,共同实施“卓越工程师教育培养计划”(以下简称“卓越计划”)。希望借助“卓越计划”进行高等教育改革,使得高等工科院校能够根据自身的专业优势、专业领域和行业对人才的需求,不断完善各学科专业具体的培养方案和质量保障体系,培养出具有工程实践能力、满足企业需求的工程应用人才,解决高等工程教育与企业需求之间的矛盾问题,从而促进我国由工程教育大国迈向工程教育强国迈进<sup>[1,2]</sup>。我国正加快转变经济发展模式,以信息化带动工业化,工业化促进信息化,着力推动制造业信息技术的集成应用,着力用信

收稿日期:2014-10-08;修回日期:2014-11-28.

\* 基金项目:安徽省教学质量与改革工程教学研究项目(2012jyxm867);安徽工程大学卓越工程师计划项目(2014zyjh01).

作者简介:汪军(1975-),男,安徽桐城人,副教授,硕士,从事可视媒体处理与识别、虚拟现实的研究.

息技术促进生产性服务业发展,着力提高信息产业支撑融合发展的能力。作为信息产业核心人才培养的计算机学科的各个专业与产业结合分工越来越细,不同方向需求差异很大,如何做好计算机学科各专业的工程教育,是教育工作者们必须要思考的问题。针对计算机学科的软件工程专业特点及目前在培养过程中存在的问题,结合国际最新的CDIO工程教育理念进行研究,探索了在软件工程专业实施“卓越计划”的培养模式、课程的理论与实践教学体系以及人才培养标准。

## 1 软件工程专业人才培养存在的问题

软件工程是计算机科学与技术领域发展最快的学科分支之一,随着软件技术的发展和软件岗位对技能型软件人才能力要求的变化,传统软件工程专业课程设置是以理论讲课为主,实验为辅,绝大部分为验证性实验,开设的很多课程只是软件设计的基础。这些基本技能与就业技能存在相当大的差距,学生们只能掌握软件各模块的知识,而缺乏软件产品的设计过程和开发能力的培养,目前存在着以下几个关键性的问题。

### 1.1 偏重理论轻开发能力,人才培养模式滞后

经过我们对软件企业人才需求的调研,目前我国软件人才数量不少,但水平偏低,更重要的是结构失衡。具体表现为,企业希望招聘的高校毕业生具有软件开发岗位所必须具备的实践能力,但很多高等院校软件人才培养模式由于教育理念和师资力量本身的问题,偏重于传授知识和技术而轻视了软件开发能力的培养。这种现状导致软件企业从高校招聘的毕业生不能立即进入软件开发岗位,必须经过几个月的职业岗位培训,才能真正胜任开发工作。毕业生到软件开发工作岗位上要经历的适应期和培训期,说明高校培养的软件人才与软件企业的职业岗位存在明显差距,需要高等院校在培养模式、培养计划、课程设置等方面按照软件开发过程和设计开发能力的要求进行改革和完善。

### 1.2 实践条件不能满足人才培养需求,学生动手实践能力有待提高

各个高校的实验条件经过近几年,尤其是2013年的国家和地方政府的投资,实验和实训的条件得到很大提高。校内软件工程的实验环节均能满足教学要求,有条件的高校已经建立了一定的校内实训基地,但实训基地尚摆脱不了之前知识教育体系下的实验模式,所开设的实践项目范围偏窄,模拟课题多,实战课题少,参与建设实训基地的企业热情不高,缺少真实的工作场景<sup>[3]</sup>。现有的机器数量、配置大部分还是以单台性质的设备和个人计算机为主,满足不了软件及信息技术的发展的要求,特别是缺少真实的开发项目和项目开发指导组,难以营建软件企业的软件产品生产环境,不能满足基于软件产品开发过程对实训课程的需要,学生的动手实践能力有待提高。

### 1.3 教师队伍工程能力偏低,难以支撑卓越工程师培养计划的实施

高校在师资队伍建设方面,多以高学历、高级职称的比例来衡量教师队伍水平的高低。经过多年的师资建设,高校中大部分教师都具有博士、硕士学位,他们虽然有较强的学术能力,但是专业实践知识和工程实践经验却相对缺乏,尤其是新教师绝大部分是从学校到学校,情况更不容乐观。另一方面,由于计算机行业的发展,各类新技术层出不穷,尤其是软件开发技术和新的开发工具,老教师的技术能力没有得到及时更新,很难胜任新的软件工程应用开发类课程的教学。这就造成了整个软件工程专业教师队伍工程能力偏低,与软件工程专业对教师素质的要求有较大差距,很难适应培养软件工程实践型人才的需要。此外,不论学术型还是应用型的高校评价教师的标准都是侧重于教师的理论水平和论文数量,使高校软件专业的教师在进入高校工作几年后,原来即使具备有开发能力的也随着新技术的发展而逐渐淘汰,无形中引导着教师队伍建设向学术型方向发展,而忽视了工程实践水平的提高。

## 2 CDIO 与软件工程专业

从项目或产品的生命周期可知,工程项目、产品运行的生命周期基本都要经历构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate)这样的阶段。工程项目或产品首先要根据需求进行构思,将科学原理转化为工程项目或者产品开发的计划方案;再根据计划方案进行设计,确定实现工程实施或生产产品的工艺流程、操作程序等的设计方案;然后根据设计方案进行项目的实施或者产品的生产实现;最后是完成项目的运行服务或生产产品的销售、售后服务。因此,麻省理工学院和瑞典皇家工学院等 4 所大学组成跨国研究,以产品运行的生命周期所需要的从业人员必须具备的知识、能力、素质出发,经过 4 年的探索研究,设计了工程教育模式,创立了 CDIO 工程教育理念<sup>[4]</sup>。2011 年,CDIO 区域性国际会议在北京中苑宾馆隆重召开,教育部部长助理林蕙青指出,未来我国高等工程教育发展的战略重点就是“四个更加重视”:一要更加重视高等工程教育服务国家发展战略和经济发展方式转变的需要;二要更加重视与行业企业合作育人、合作办学、合作就业;三要更加重视学生社会责任感、综合素质和工程实践能力培养;四要更加重视提高工程技术人才培养的国际化水平。CDIO 工程教育模式有利于解决当前工程教育实践中存在的重理论轻实践、强调个人学术能力而忽视团队协作精神、重视知识学习而轻视开拓创新培养等诸多问题。<sup>[5]</sup>此外,从国家实施卓越工程师培养的 11 条通用标准看,每个标准的实现都能够在 CDIO 工程教育模式中体现,因此在国家大力推进高等工程教育“卓越计划”中融合 CDIO 的教育理念必将为高质量实施“卓越计划”起到积极的推进作用。

在软件工程学科领域,软件工程是应用计算机科学理论和技术以及工程管理原则和方法,根据用户的要求,按照按预算和进度实现软件产品的定义、开发、发布和维护的工程,是研究用工程化方法构建和维护有效、实用和高质量的软件的学科。软件工程研究的对象是软件系统,涵盖软件科学与工程两个方面。软件科学研究的重点在于发现软件可信性、度量和演化的基本规律,以应对当今软件所面临的复杂性、开放性和演化性等一系列重要挑战,是工程应用的理论层面;而软件工程的重点在于综合应用包括科学方法在内的各种软件设计方法,运用各种科学知识,深刻理解设计合格软件产品所涉及的多方面因素,去构建可靠、满足需求的软件产品<sup>[6]</sup>。IEEE 最新发布的软件工程知识体系(SWEBOK)将软件工程知识体系分解成 10 个知识域,即软件需求、软件设计、软件构造、软件测试、软件维护、软件配置管理、软件工程管理、软件工程过程、软件工程工具和方法、软件质量,这些知识领域贯穿于软件产品生命周期的全过程<sup>[7,8]</sup>。

因此,在软件工程专业“卓越计划”中,以软件产品的方案设计、开发、部署、运行的软件生命周期为主线,将 CDIO 工程教育融合到卓越软件工程师的培养中是必要且可行的,有利于培养出软件设计能力、国际交流能力、管理与沟通能力和职业发展能力强的,具有软件工程背景的复合型、应用型高层次软件工程技术人才,推动软件产业不断开拓创新。

## 3 融合 CDIO 理念的软件工程专业卓越工程师的培养

### 3.1 引入 CDIO 工程教育模型的综合培养理念设计软件工程应用型创新人才培养模式

融合 CDIO 工程教育理念进行卓越软件工程师培养,对传统的教育模式进行改革,将软件工程教育与项目、产品的构思、设计、实现和运作生命周期中所需要的知识、能力、素质紧密结合,以项目或软件产品的生命周期为载体,引入校企合作机制,采用 3+0.5+0.5 的培养模式。前 3 年与传统的软件工程教育类似,完成软件工程专业所需要的基本知识、基本技能和基本素质的培养。在后面的 1 年分为两个阶段,第一个阶段我们称为项目实训,以校外实习参观,校内讲座、实训的教学方式,用已经开发完成的项目或软件产品为例,模



拟企业运作进行教学,熟悉项目工程、产品生命周期的各个环节,将前3年学习的知识融合,在实训中掌握开发工具,以学生以主动的、实践的方式接受软件工程设计能力、开发能力和素质教育的培养。第二个阶段,学生进入合作企业或者就业企业,参与到企业真正的项目开发中,以企业的课题完成毕业设计,在设计中锻炼职业能力。

### 3.2 构建适合 CDIO 工程教育模型的理论教学体系

坚实的专业基础是学生今后成为优秀工程技术人员和管理者的保证,也是 CDIO 培养模式的基石。以软件产品的构思、设计、实施、运行为目标倒推成为卓越软件工程师所需要的知识、能力、素质,以培养知识、能力、素质去组织理论教学体系。包括软件从业人员所需要具备的良好的数学建模能力课程:微积分、线性代数、概率论和数理统计等;运用计算机进行软件开发所需的计算数学课程:离散数学、数据结构、算法分析与设计等;进行软件开发所需的软硬件系统基础课程:操作系统、软件工程导论、数据库原理、信息系统基础、计算机系统结构、计算机网络和编译原理等;进行软件设计所需的软件开发类课程:软件需求分析、软件构架、软件设计、软件测试、软件维护;软件工程工具等;软件从业人员所需要具备的良好的身体素质和心理素质的人文素质系列课程:形势与政策、马克思主义基本原理、毛泽东思想/邓小平理论和“三个代表”重要思想概论、法律法规、大学生心理健康教育、体育、团队激励与沟通及全校性选修课程等;软件从业人员需要掌握的掌握发达国家的技术和了解国际 IT 文化的外语应用能力课程:基础英语、英语听说、日语基础和专业英语。

### 3.3 构建适合 CDIO 工程教育模型的一体化、多层次的实践教学体系

CDIO 工程教育理念是“做中学”原则和“基于项目的教育和学习”的集中体现,软件工程专业应用型创新人才的培养,实践能力的提高是设计软件产品能够实施和运行的关键。以产品的运行周期为主线的一体化、多层次的实践教学体系是以验证性实验为基础,实现第一层次的基本实践能力培养;以课程设计、实践课程为贯穿专业课程模块的线索,实现第二层次与第三层次的个人能力及团队能力培养;以校外实践基地的实训和毕业设计为载体,实现第四层次的构思(C)、设计(D)、实施(I)和运行(O)综合能力培养。以此形成集实验、课程设计、实践课程、实训和毕业设计一体化、多层次的实践教学体系。基于 CDIO 的“做中学”原则的人才培养模式,采取向企业派驻科技特派员和聘任企业技术人员为兼职教师的“双向聘任制”模式,使软件工程专业与软件企业更为紧密地结合。企业技术人员和校内教师联合建立项目开发小组,让学生通过实际项目研发,体验软件产品生命周期各个阶段的从业人员角色。在项目研发中进行需求分析、软件体系结构设计、数据库设计、接口设计和算法设计,编码实现,测试、投入运作等一系列工程实践。以此为职业能力训练和教师项目开发锻炼提供一个真实的职业环境,有助于学生的职业素质、职业态度和习惯的形成。

“基于项目的教育和学习”采用“双向聘任制”模式驱动,专业教师与实践基地软件技术人员间角色转换;科研、技术研发项目与教学课题间的相互渗透。学校将工程实践列入教师教学质量考核的指标,甚至职称晋升的指标,引导教师加强自身工程能力的提高,这将逐步解决困扰软件工程专业发展的教师队伍、实践、实训的难题。

### 3.4 按照知识、能力、素质,规范人才培养质量标准,保障卓越工程师计划的顺利实施

培养质量标准,是规定某一个专业的专业培养目标、毕业要求、实现途径、评价方式的教学指导性文件。它是联系专业培养目标与教学活动的中间桥梁,可以确保不同的教师有效、连贯而目标一致地开展教学工作,对教师的教学具有直接的指导作用。在“卓越工计划”中引入先进的 CDIO 教育理念,将“卓越工计划”通用标准与软件工程行业标准、企业标准、职业资格标准结合制定人才培养质量标准,以标准规范人才培养是保障卓越工程师计划顺序实施的有效保障。

## 4 结 语

从软件工程专业培养的毕业生和软件企业实际需要的员工存在的矛盾入手,分析了在软件工程专业实施“卓越工计划”存在的问题。通过采纳 CDIO 标准和工程教育理念,以软件工程产品的生命周期中对人才的知识、能力、素质的需求出发,探索软件工程专业创新型人才培养模式、理论教学体系、实践教学体系以及人才培养标准。以人才培养质量标准为抓手,推进软件工程专业卓越工程师培养计划的实施,改变当前软件工程专业人才培养过程中的“重理论、轻实践”、“重视知识学习而轻视开拓创新”等方面的不足,最终达到提高软件工程专业人才培养质量的目的。

### 参考文献:

- [1] 林健.卓越工程师教育培养计划专业培养方案研究[J].清华大学教育研究,2011(2):47-55
- [2] 吕庆文,曹蕾,李远念,等.基于 CDIO 模式培养复合型卓越软件工程师的探索[J].高教探索,2013(1):71-76
- [3] 杨莉,刘小明.计算机专业校企联合实训的问题与建议[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2013,30(9):94-97
- [4] CRAWLEY E F, MALMQVIST J, LUCAS W A. The CDIO Syllabus 2.0: An Updated Statement of Goals for Engineering Education. Proc. of the 7th Inter CDIO Conf, Technical University of Denmark, Copenhagen, 2011.7 [www.cdio.org/files/project/file/cdio\\_syllabus\\_v2.pdf](http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf)
- [5] WANG Y Q, QI Z Y, LI Z R. Review of CDIO research in China: from 2005 to 2011[J]. World Transactions on Engineering and Technology Education. 2012, 10(1):70-79
- [6] PANTELIS M. Enhancing software engineering education through open source projects: Four years of students perspectives[J]. Education and Information Technologies, 2013, 18(2):381-397
- [7] 徐玲,文俊浩,熊庆宇.软件工程专业培养模式的探索与实践[J].现代教育技术,2013(8):118-121
- [8] 肖来元,邱德红,吴涛.以需求为导向的软件专业工程教育改革研究与创新实践[J].高等工程教育研究,2013(6):148-152

## Research on the Mode of Software Engineering Talent Training Based on CDIO Concept

**WANG Jun, QIANG Jun**

(School of Computer & Information Science, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** As for the status quo of the higher engineering education in our country, this paper analyzes the mode of CDIO engineering education, the characteristics of software engineering professional education and the problems on software engineering personnel training at present, and exploits the integration of CDIO educational philosophy and training program of excellence engineer for software engineering discipline. Through combining the process of personnel training with engineering projects or software product cycle, the discipline training program is designed and the curricular system of theory and practice teaching is constructed. By integrating internal and external faculty, on terms of knowledge, ability and quality, the quality standards of talent training are set up to support the education and training program of excellence engineer in current education reform.

**Key words:** software engineering; engineering project; training program of excellence engineer; CDIO; standard