

# 以 CDIO 工程教育理念优化实践 能力培养的质量保障体系

李秋莲

(湖南城市学院, 湖南 益阳 413000)

**摘要:** 工程师的基本任务是实践与创新, 必须具备工程集成能力。从目前我国工程人才培养的现状来看, 学生的工程综合实践能力普遍不足, 实践教学质量保障体系不完善。借鉴美国“CDIO”工程教育的经验, 立足应用型本科院校工程人才的培养现状, 从实践平台、实践内容、创新意识、考核方式、教师队伍、实践教材等方面, 做一些探讨优化实践教学质量的保障体系建设的尝试。

**关键词:** 实践能力; 培养现状; CDIO 理念; 质量保障体系

中图分类号: G 642

文献标志码: A

文章编号: 1008-7192(2013)03-0095-06

## Optimizing the Quality Assurance System of Fulfillment Ability Training on the Basis of CDIO Concept in Engineering Education

LI Qiu-lian

(Hunan City University, Yiyang 413000, China)

**Abstract:** The basic mission of engineers is the fulfillment and innovation with the project integration capability. The problems existing in the current situation of the engineering talent training in China are the inadequacy of students' comprehensive fulfillment ability and imperfection of quality guarantee system in practice teaching. Based on the experience of CDIO (conceive-design-implement-operate) engineering education in USA and the analysis of engineering talent training in the application-oriented colleges, this paper explores the optimization of the quality assurance system of practice teaching, including the practice platform, the practice content, the innovation consciousness, the evaluation methods, the teaching faculty, the teaching resources and other aspects of the practice.

**Key words:** *practical ability; the current situation of training; the concept of CDIO; quality assurance system*

应用型本科院校工程教育的专业培养目标  
就是培养工程师, 主要是培养他们的工程意识和

工程精神, 形成工程集成能力。反映在教学过程  
中就是工程实践能力的培养。这方面的探索、研

收稿日期: 2013-02-26

基金项目: 教育部人文社会科学研究“工程科技人才培养研究”专项课题“应用型本科院校土建类人才在工程教育中工程精神和工程意识培养与实践”(10JDGC025)

作者简介: 李秋莲(1964-), 女, 湖南益阳人, 湖南城市学院建筑与规划学院副教授, 主要从事城市经济研究与教学。

究以及改革实践屡见报道,现阶段关注度比较高的有:“CDIO”工程培养模式,以“大工程”观为指导的具有实践性、整合性、创新性的“工程模式”教育理念,以“建构主义”思想营造实践情境的教育理论,以及“做中学”“学中做”的“知行统一,学思结合”的教育思想等等,这些工程教育理论体系对工程人才实践能力培养无疑产生较大的推动作用。但是,由于我国工程教育长期受“重理论、轻实践”的思想和以灌输知识为主的传统教学模式的影响,这些教育理论结合工程专业的实践能力培养的应用与研究还刚刚起步,不够深入,特别是土建类工程,它是实践性较强的专业,需要多项工程技能和综合实践能力的支撑<sup>[1]</sup>。因此,目前应用型本科院校在工程人才培养中,探讨如何在理论与实践教学中寻找一种平衡,让科学回归工程,构建促进学生的工程实践能力提高的质量保障体系,已成当务之急。

## 一、目前学生工程实践能力培养现状

为了深入探讨土建类人才的工程意识和工程精神的培养,掌握应用型本科院校人才培养成效的第一手资料,我们课题组于2011年上半年以填写问卷的形式对土建类专业中的城市规划、建筑学、土木工程、道桥工程、建筑工程、给排水工程、工程管理等专业的学生开展了《关于大学生工程意识与工程精神培养的问卷调查》的活动。调查对象范围主要是在校学生和近五年来已毕业学生,因学生入高校前大都较少具备土建类专业的工程基础知识与经验,个体间差异不大,对在校学生则采用随机抽样的形式选择样本,当场填写问卷;已毕业学生因联系不方便,则采用滚雪球抽样的形式抽取样本,以电子邮件的方式展开调查。共发放问卷500份,收回有效问卷482份,其中已毕业学生收回问卷53份,涉及被调查的土建类应用型院校6所。据调查统计结果显示:七成多的抽样对象认为自己在校期间获得的工程综合实践能力偏低,其中选择自己的能力水平在一般及以下的

频率分布情况如下:工程实践能力为74.1%,工程创新能力为76.3%,分析与解决工程实际问题的能力为70.8%,工程组织管理能力为76.6%。从问卷表上其他选项、统计分析以及后来组织学生的集体访谈等获取的信息可知,学校对学生的工程综合实践能力培养普遍存在不足,主要反映在以下几个方面。

1. 实践教学环节与实际应用脱节,基本上是流于形式

目前,应用型工科院校的实践教学大都集中在学校的实验室、实习室、制图室、教室里等环境下完成,主要是验证书本现有知识,为完成教学任务而开展,假题假作的偏多,与工程实际脱节。同时,据调查资料显示,由于近年来的扩招,大多数院校师生比配备严重不够,通常是一个老师须带30多个学生做设计或实习,几乎是“放羊式”的培养,很难对学生的实践过程的阶段性成果进行详细点评,更不用说引导学生创新思维了,实践教学基本上流于形式<sup>[2]</sup>。

2. 实践教学内容缺乏综合性,教学形式简单

长期以来,大学实践教学依旧侧重强调教师的“教”,学生对理论的“学”,可以说仍是一种传统的“灌输”方式,即便是有较多的实习、实验等动手过程也是在老师的“模板”作用下完成的,多局限于强制性标准的运用,对工程项目的设计理念、思维过程、操作技能的综合运用等工程集成能力培养不足。特别是以团队合作的形式开展工程项目综合实训机会就更少,对实践中遇到的实际问题、非标准化的问题很难组织学生开展以项目为中心的分析与解决问题的讨论,教学内容呆板,教学形式简单。这很大程度上压抑了学生的积极性、创造性,难以让学生很好的将理论知识以及自己在学习中激发的创新想法运用到“实战”中去。

3. 实践教学设施及基地建设不健全,教学质量得不到有效保证

据调查资料显示:目前,大部分应用型本科院校是由专升本发展而来,虽然有10多年的发展,但大部分学校仍是负债运行或融资渠道较窄,很难保证综合性的实践教学的设施及基地的

建设投入。同时,校外实习基地由于受市场经济的影响,相关企业也没有国家政策支持 and 挂靠院校的财力帮助,很难顾及学生的实习要求,学校或很难找到校外实习基地,或校外实习是流于形式,教学质量得不到有效保证。

4. 实践教学考核评价体系欠科学,管理制度不规范

目前,实践教学考核体系建设大都处于探索阶段,现成经验不多,考核方式较单一。学生的实践能力考核大都是由各专业老师对学生的设计或操作给出一个综合分或等级就完事了,没有注重实践过程,对阶段性成果的考核评价体系建立不够完善;特别是学生在实践过程中的情感、态度、工程意识、工程精神或工程伦理等工程素养缺少考核评价模式,老师也因教学任务偏重没时间能主动与学生了解、交流与探讨。况且,大多工程专业衡量学生“应知”和“应会”的标准或没有建立,或没成体系,对学生成果评价的主观随意性较大,这种简单的考核评价方式,无法较全面地衡量学生的工程实践能力<sup>[3]</sup>。

5. 实践教学“双师型”能手偏少,教师的实践经验不足

教师队伍整体是理论水平高于实践能力,大部分教师特别是高校扩招以后新进的工程教师,大都是从学校到学校,缺乏实践教学环节的锻炼和工程经验的积累,教师的工程教学运用的实践案例不够深入,这对拓展教师的教学与科研能力以及处理工程的综合问题能力的形成存在先天不足,无形中也影响了学生工程实践能力的培养。

## 二、美国 CDIO 工程教育理念及启示

综观美国高等工程教育,一个突出的特点就是“工程化”。2001年,以美国麻省理工学院、瑞典查尔姆斯技术学院、瑞典林克平大学、瑞典皇家技术学院合作开发了一个新型的工程教育模型,称为 CDIO,它代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),该理念不仅继承和发展了欧美 20 多年来工程教育改

革的理念,而且倡导了工程教育应该从科学向工程回归。

CDIO 教育模型以产品研发到产品运行的生命周期为载体,让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习,系统地提出了具有可操作性的能力培养、全面实施以及检验检测的 12 条标准。CDIO 培养大纲将学生的能力分为工程基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统能力四个层面,CDIO 大纲要求以综合的培养方式使学生在这四个层面达到预定目标。CDIO 能力培养教学大纲考察的 4 个层次、17 条、70 点的能力如表 1 所示。

从表 1 中可以看出,CDIO 能力培养的教学大纲给了我们启示:工程实践能力培养是一项综合性的任务,是集工程人的工程意识、工程精神和工程动手能力于一体的活动,它需要多方面能力的支撑,最终是以工程师的工程集成能力的形式表现。在实践教学培养中,一方面,对工程人才实践能力培养在基础科学知识、工程基础知识等平台上给学生提供更多的实践知识,教育工程类学生成为新产品或新系统创造和执行过程中的领导者,能进行工程系统的构思、设计、实现和运作,具有社会责任感,侧重工程综合能力的培养;另一方面,对工程人才实践能力培养方法上要求工程类课程体系基于“工程实际问题”的解决而学习、基于“团队合作”的形式而开展,重视课外实践活动,强调探究式的学习方法,旨在创造一个新的整合性教育以提供给学生接触全面工程知识的平台<sup>[4]</sup>。

## 三、优化综合实践能力培养的质量保障体系

分析能力、实践经验、创新能力、沟通能力、伦理道德等是工程师必须具备的工程综合实践能力的关键特征,也是目前高校工程人才培养的薄弱环节。笔者在本文中试图参照美国 CDIO 工程教育的教学理念,结合我们课题组对土建类应用型本科院校的学生工程实践能力抽样调查的资料,从实践平台、实践内容、创新意识、考核方式、

表1 CDIO 能力培养教学大纲

4 个层次	17 条	70 点
技术知识和推理	相关学科知识(由具体专业确定); 核心工程基础知识(由具体专业确定); 高级工程基础知识(由具体专业确定)	
个人能力、职业能力和素养	工程推理和解决问题的能力	发现问题和系统表述能力;建模;估计与定性分析;带有不确定性的分析;解决方法和建议
	实验和发现知识	建立假设;查询印刷资料和电子文献;实验性的探索;假设检验与答辩
	系统思维	全方位思维;系统的显现和交互作用;确定主次与重点;解决问题时的妥协、判断和平衡
	个人能力和态度	主动向与意愿承担风险;执着与变通;创新性思维;批判性思维;了解个人的知识、能力和态度;求知欲和终生学习;时间和资源的管理
个人交换技能:团队协作与交流	职业能力和态度	职业道德、正直、责任感和责任感;职业行为;主动规划个人职业;与世界工程发展保持同步
	团队工作	组建高校团队;团队工作运行;团队成长和演变;领导能力;技术合作
	交流	交流的策略;交流的结构;书面的交流;电子及多媒体交流;图表交流;口头交流和人际交流
	使用外语的交流	英语;其他区域工业国的语言;其他语言
在企业和社会环境下构思、设计、实施、运行系统	外部和社会背景环境	工程师的角色与责任;工程对社会的影响;社会对工程的规范;历史和文化背景环境;当代课题和价值观;发展全球观
	企业与商业环境	审视不同的企业文化;企业战略、目标和规划;技术创新;成功地在组织中工作
	系统的构思和工程化	设计系统目标和要求;定义功能、概念和结构;系统建模并确保目标实现;开发项目的管理
	设计	设计过程;设计过程分段与方法;知识在设计中的应用;单学科设计;多学科设计;多目标设计(DFX)
	实施	设计实施过程;硬件制造过程;软件实施过程;硬、软件集成;测试、证实、验证和认证;实施过程的管理
	运行	运行的设计与优化;培训与操作;支持系统的生命周期;系统改进与演变;弃置(产品或系统)生命终结问题;运行管理

教师队伍、实践教材等方面,探讨优化实践教学质量的保障体系。

1. 以营造学生工程学习的综合实训情境为平台,培养学生的工程综合素养

为了将学生的理论与实践、知识与能力有效地结合起来,让科学回归工程,工程教育应尽量多地为学生营造工程学习的综合实训情境。从CDIO模型中的工程人才应具备的“技术知识与推

理”、“个人的和职业的技能与素质”、“人际技能、团队与沟通”、“在企业与社会环境下的构思、设计、实现、运作”四个方面能力看,应用型本科院校培养学生的工程实践能力,一方面,应充分挖掘校内外资源潜力以及积极寻找国家教育财力和政策支持,创造条件不断改善校内实验、实习教学设施;切实加大对学校现有的实践性资源的整合和共享力度,积极推进实验室、实训室开放机制,科学管理实践教

学资源的使用,不断实现在时间、空间、内容、方法和手段上全面开放,为工程学生开展校内实训尽可能地提供实训情境平台,使学生专业学习真正做到学以致用。另一方面,实习环境不等于工程实践情境,更要重视综合实践训练的工程情境营造,根据专业培养方案,尽可能地开展一系列的诸如工程认识实习、工程分部分项技能的课程设计实训、单位定岗实习、毕业设计、社会实践活动等工程演练活动,创建校外实践平台,使学生有机会将工程理论知识、情感、理念、价值观融入真实的工程实践情境当中,培养学生的工程综合素养。

## 2. 以团队形式组织工程项目实践为主要实践内容培养学生的工程集成能力

应用型本科院校培养的学生不是以生产产品为目的,而应以培养工程集成能力为目标。目前学生工程实践能力不够,这与学校实践教学大都局限于校内训练,缺乏“大工程”背景下的综合实践有关。土建类高校实践教学可借鉴国外诸如CDIO工程能力培养的经验,根据人才培养方案尽快为学生完善或重构“应知”、“应会”的工程基本能力标准,尽可能地组织以团队合作形式开展的工程实践项目作为深化学生实践能力培养的重要实践内容。每个工程项目的实践活动要求项目组的学生从选题、资源搜寻、方案设计,到集思广益、交流讨论、方案比选、优化与创新,再到方案实施、现场问题决策处理、权衡、社会经济分析、综合分析报告的形成以及组织协调管理等全方位、全过程进行考察与训练,引导学生学会工程推理与问题解决(包括问题的识别与形成、建模、近似与定性的分析、不确定性分析、解决方案与建议,实验与知识的发现,包括前提假设的形成、纸质与电子文献的调研、实验调查、前提假设的测试与辩护),系统思维(包括整体性思维、系统的浮现与交互、优先级排序与关注、解决方案的决断等),团队协作与沟通的个人技能,让学生在企业与社会环境下更多地体验工程的构思、设计、实现和运作等综合实训过程。这样学生的工程分析能力和集成能力,包括工程质量意识、安全意识、创新意识、责任意识、环保意识、团队意识、经济意识、伦理意识等才能得以提高。

## 3. 以学科竞赛或创新研究为载体激发学生的工程创新意识

学科竞赛或创新研究具有一定的科学性、创新性和实用性,创新研究类型可以是实验研究,也可以是调查研究。但是无论哪种类型均要求由项目团队独立去完成,且在项目实施中还要进行中期汇报以及最终的结题答辩。这些均需要项目参与者亲自动手去完成理论准备、构思、设计、实验或调查研究、样本分析、成果汇报以及论文的创作等,都来不得半点虚假,需要每一个参与者分工与合作,用心、用手去完成。也就是在这些环节中,学生既能训练动手能力,又能尝试工程创新活动的开展。

应用型本科学院为了激发学生的创新意识,应加大学生参与实践创新活动的推介力度,大力发展科技社团活动,鼓励更多的大学生参与自己喜爱的科研创新活动,诸如科技参观、科技沙龙、科技节、学术讲座、设计作品竞赛、科技竞赛等活动。学院还可针对科技创新开设相关的选修课程,组织数学建模竞赛、力学竞赛、人文知识竞赛、高等数学竞赛等多个项目的普及竞赛科技知识,培养竞赛后备梯队,推广科技创新活动。同时,学院应创造条件,组织校内外知名专家、学者、企业家,举办各类学术报告、讲座,加强学生的人文素质和科学素质的培养,开阔学生的视野,增强学生的求知欲望和创新意识,激化学生对科技和创新活动参与的兴趣和热情。

## 4. 以多元考核方式为实践教学质量管理的主要手段促进学生工程综合能力提升

考试是一种重要教育手段。作为一种手段,它的作用在于通过观察和评价,促进人的发展。但目前我国教育与考试的关系本末倒置,本应成为手段和工具的考试却成了教育的目的。同时,单一的考试标准和内容也不能体现人才培养和学习内容的多样性。工程教育也不例外,学生为考试而学习,“一纸定结论”的考试方式现仍然是评价学生学习效果的基本形式。而现在的工程教育教学有大量的实践型、拓展型教学内容,以“考试”为单一手段的评价方式必须根据评价理念、功能的改变而改进。

对于工程实践能力的考核应注重过程考核,课程的评价须以表现式、任务式的评价方式分别对待:如低年级阶段的工程基本素养的实践考核,主要在校内完成,可通过对实验的准备、步骤设计、实验成果等的演示与汇报,写校外认识实习心得,展示临摹工程画或绘制工程图、操作工程软件、演示工程测量操作方法以及力学建模等形式,再辅之以理论考试的形式对学生进行考核。中年级阶段是工程学生专项(单项)工程技能培养的重要阶段,一般校内外都有可能进行,可将学生分组的形式组织课程设计,通过分工与协作,观察专项(单项)工程的设计或操作过程、分析问题与原因、搜索资料与经验、讨论解决对策、展示成果、汇报与答辩等各阶段完成情况,分别记录,作为考核依据,同时对一些主干专业课也可辅之以理论考试的形式进行综合评定。高年级阶段主要是积累工程综合能力和培养创新意识的重要环节,大都在校外进行,可以借助于校外企业的技术力量和实践场地,考核学生参与企业工程项目各阶段的实习情况,包括专业的业务熟练程度、工程实际工作参与程度、综合能力、工作态度、社会责任和最终成果展示(文字与图纸)等,以及还应考察附有技术和经济数据、方案折中取舍标准、方案的成果与缺陷、汇报与答辩等内容的计算和文字资料分析,分别记录作为考核依据。

5. 以实践与实验教材建设为契机,推动学生工程实践能力培养常态化

目前,学生的工程实践能力培养大都是由专业实习老师定实习内容与要求,最终成绩也是由各专业实习指导老师判定,这就会因标准不一、要求不同,而导致对学生实践能力的培养和参考标准参差不齐,特别是影响同类型的不同学校之间学生工程能力水平的衡量。虽然在前几年的应用型院校本科评估中的对实践教学的改革有较大

的促进作用,但实践、实验教材的建设仍然滞后。因此,针对各工程专业的特点(如土建类各专业),应尽快推动实践教材、实验操作程序、案例分析资料等相关实践教学辅助资料的建设,以推动学生工程实践能力培养常态化教学活动的开展。

6. 以教师队伍建设为基点推动学生综合能力培养回归工程

工科高校教师应既是能工巧匠、又是专家学者的“双师型”人才,他们是教学活动的主要引导者,也是实现学生技能培养的关键人物。据了解,高校扩招以来,新进教师大都是高学历、从学校到学校,但具有工程实践的训背景的不多。据我们课题组的社会抽样调查也发现,教师教学以根据课程知识、循序渐进,系统讲授的居多,而八成左右的学生都迫切希望教师讲主要观点,结合案例,组织学生讨论、启发工程思维。因此学校应抓紧建设自己的工程教师队伍,除了通过专业带头人培养、骨干教师培养、青年教师实践锻炼、教师进修提高等措施提高教师的教学业务素质外,还应积极引导他们把参加工程实践活动作为一种自觉行动,要求教师在特定时间内应有一定的实践时间积累,参与形式可以多样化。既可以开展应用型的科研活动促实践能力提升,拓展理论视野;又可以参与企业工程实践促“大工程意识”培养,丰富教学经验;还可以建立自己的“工作室”的形式带领学生参与工程实践项目生产活动,提升工程精神,承担工程责任等等。

近期,为了很好地解决高校实践教学师资力量青黄不及的现实问题,适当调整师生比,也可以采用“请进来”的办法,外聘企业专业技术骨干担当学生实习教师,他们有非常丰富的工作经验,在指导学生实习、实训,提高学生的动手能力方面能发挥很好的作用。

#### 参 考 文 献

- [1]陆小华. 工程创新能力的认识和培养方法[J]. 高等工程教育研究, 2008(S2): 20-24.
- [2]袁旦. CDIO模型的理念对工程类大学生学业评价的启示[J]. 中国高等教育评估, 2008(3): 25-28.
- [3]杨琳. 大工程背景下大学生科技创新与工程素质的培养[J]. 江苏高教, 2006(6): 33-36.
- [4]韩如成. 工程实践能力培养的探索与实践[J]. 中国大学教育, 2009(6): 28-31.