

土木工程专业 CDIO 系列课程的构建与实施方案

郑 宏

(长安大学 建筑工程学院,陕西 西安 710061)

摘要:文中探讨了土木工程专业教学中存在的问题,基于 CDIO 工程教育模式,构建了土木工程专业 CDIO 系列课程,并提出了实施方案。针对单一知识型或技能型人才培养已经不能满足当代工程人才需求的现状,通过课程设置的改革和工科教育模式改革来提高土木工程专业人才的综合能力。

关键词:土木工程;CDIO 模型;系列课程

中图分类号:TU;G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2011)06-0089-06

当代建筑业的发展和科技进步,提高了建筑业从业人员的职业标准,也对高等学校土木工程专业的人才培养提出了新的要求。在土木工程专业人才培养过程中,设置什么样的课程体系,以怎样的方式实施课程教学,从而提高学生的综合素质和能力以满足职业要求,已成为土木工程专业课程建设的重要课题。文中提出了土木工程专业系列课程的建设思路,并借鉴国际工程教育改革的新成果,即基于 CDIO 工程教育模式,进一步提出了系列课程改革的实施方案。

一、土木工程专业课程设置及 CDIO 教育模式

(一) 土木工程专业课程设置

土木工程专业应用型人才培养以厚基础、宽口径、多方向、重应用为原则设置课程系列。以职业能力为核心构建专业课程模块,以专业能力需要为基本依据构建基础课程和专业基础课程模块。土木工程的基础课程、专业基础课程和专业课程模块的有机组合构成了土木工程专业系列的课程。

土木工程专业本科教学内容包含理论教学和实践教学两方面。理论教学以“数学—力学—结构—施工”为课程主线,具体设置数学课程系列(高等数学、线性代数、概率与数理统计、计算方法),力学课程系列(理论力学、材料力学、结构力学、土力学、弹性力学、有限元),结构课程系列(工程制图、建筑材料、房屋建筑学、混凝土结构、砌体结构、钢结构、基础工程、高层建筑结构、单层工业厂房结构设计、钢结构设计、特种结构、桥梁工程、道路工程),施工课程系列(施工技术、建筑施工管理、工程计量计价与招投标、建设监理)。

实践教学以“技能训练—结构设计—工程设计”为课程主线。具体设置技能训练系列(工程制图、计算机辅助设计、认识实习、房屋建筑学设计、生产实习、毕业实习),结构设计系列(整体式肋梁楼盖结构设计、单层工业厂房结构设计、钢屋架和钢平台设计、基础工程设计),工程设计系列(施工组织设计、工程计量计价设计、毕业设计)。

收稿日期:2011-09-27

作者简介:郑宏(1964-),男,长安大学建筑工程学院教授,博士,主要从事土木工程教育研究,(E-mail)

cezheng@chd.edu.cn。

(二) 土木工程专业教学中存在的问题

土木工程专业教学中,重教轻学的教学观念抑制了学生学习的主动性和积极性。长期以来形成的教学模式过多地强调教师的“教”而忽视学生的“学”,教学过程过分强调教师的主导地位而忽略学生的学习主体作用。这种教学模式不利于调动学生学习的积极性、主动性,压抑了学生个性的发展,难以培养学生的创新能力。

教学方法滞后,教师一言堂,师生间缺乏交流、互动。这种“满堂灌”的教学模式在土木工程专业的教学中仍普遍存在,这种教学法消解了学生的求知欲,阻碍了学生独立思考和分析问题、解决问题能力的发展。

学生有“重理论、轻实践,重设计、轻施工,重结构分析、轻结构构造处理”的思想。教学有偏重理论的倾向,加之校内外实训基地建设不到位,导致教学中理论与实践脱节。

不合理的学习评价制度抑制了学生的批判、创新精神。考试制度只注重学期末的笔试而忽视对学生学习过程的评价,忽视对学生分析问题、解决问题的能力以及在实践环节中操作和应用能力的评价。

(三) CDIO 工程教育模式

在当前高等工程教育中,存在着两种需求:一方面,对于毕业生专业技术知识的要求在不断提高;另一方面,人们意识到工程人员必须拥有良好的团队协作精神、系统分析及实际动手能力,以适应现代化工程团队,满足新产品及新系统的开发需求。大学工程课程除了教授学生技术知识外,还需要切实提高学生的综合素质。

21世纪初,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、瑞典皇家技术学院提出了一种全新的工程教育培养模型——CDIO模型(以下简称模型)。模型的名称源于4个英文单词:Conceive(构思),Design(设计),Implement(实现),Operate(运作)。4个单词及其顺序表达了产品开发与生产的4个阶段,从技术知识和推理,个人的职业技能与素质,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、运作四方面提出了对工程教育的具体目

标与要求,这些目标与要求汇总了当前工程学所涉及的知识、技能及发展前景等,是现代工程师必备的有关工程知识、技能和态度的基本要求^[1]。

CDIO的基本内容主要包括1个愿景、1个大纲、12条标准和5个指引。愿景指出学校任务是培养有专业技能、有社会意识和企业家敏锐性的工程师。CDIO大纲从四个层面明确了毕业生的工程能力,要求以综合的方式使学生在这四个层面上达到预定目标。12条标准为工程教育的全面实施以及检验检测提供了基础。5个指引对培养计划、课程结构、教学方法、教学评估和学习架构提出了明确要求^[2]。

模型大纲内容的4个方面及其相互关系见图1。模型的第一部分是关于工程技术的基础知识原理。现代工程学立足于对工程学基础原理的透彻理解,成为一个好的工程师就必须对工程基础知识的核心理论有深入理解。模型的第二部分为个人的职业技能与素质。工程类本科生在职业实践中需要具备多种能力:工程推理与解决问题的能力,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;实验与知识发现的能力,包括前提假设的形成、文献的检索、实验调查、前提假设的测试;系统思维能力,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。模型的第三部分是人际交流技能。该部分是个人技能的重要组成部分,主要有团队协作、交流和用外语进行沟通。模型的第四部分是企业与社会环境下的构思、设计、实现和运作,展示了产品或系统开发必须经过的四个阶段。CDIO工程教育就是以现代工业产品从构思研究开发到运行改进甚至终结废弃的全过程为载体,培养学生的现代工程能力,不仅包括学生个人的学术知识,而且还包括学生的终生学习能力、团队协作能力和大系统掌控能力。从图1中可以看到,对应着模型内容的4个方面是对工程教育的高层期望值,均属于一级要求。四方面内容中的前三个部分,“技术知识和推理”、“个人的职业技能与素质”、“人际交流”是基本要求,第四部分“在企业与社会环境下的构思、设计、实现、运作”属于应用与深化要求。

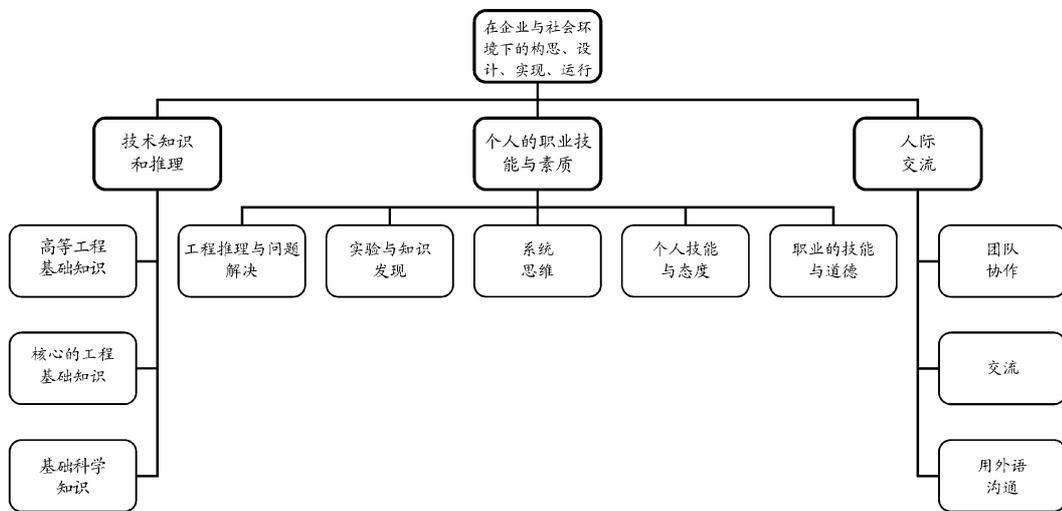


图1 CDIO 模型构成及相互关系

模型的教育理念是充分利用大学学科齐全、学习资源丰富的条件,以尽可能接近工程实际并涉及技术、经济、企业和社会的团队综合设计项目为主要载体,强调技术基础的教育,将工程教育置身于产品系统生命周期的具体环境中。其充分体现了工程教育的过程,注重基础知识和实践能力,结合专业核心课程的教学,使学生在 CDIO 的全过程中不断地提高理论知识、个人的职业技能与素质、人际交流能力,在社会、历史、科技为一体的社会大系统中,学生的适应与调控能力也得到全面的训练和提高。CDIO 工程教育模式的特点也就是构思、设计、实施与运

行,即以愿景构思工程人才培养目的,以大纲设计工程人才培养方案,以标准实施工程人才培养计划,以指引明确工程人才培养的运行框架。迄今已有几十所世界著名大学加入了 CDIO 国际组织,这些学校的机械系和航空航天系已采用了 CDIO 工程教育理念和教学大纲,取得了良好效果。

二、土木工程专业 CDIO 系列课程的构成

CDIO 工程教育理念和教学模式可以解决目前土木工程专业教学中存在的问题。模型大纲的四方面一级要求包含 17 条二级要求,二级要求又可以分解为三级要求共 70 个能力点^[3](见表 1)。

表 1 CDIO 教学大纲的一级、二级及三级要求

一级要求	二级要求	三级要求
1 技术知识和推理	1.1 相关科学知识 1.2 核心工程基础知识 1.3 高级工程基础知识	
2 个人能力、职业能力和态度	2.1 工程推理和解决问题 2.2 实验和发现知识 2.3 系统思维 2.4 个人能力和态度 2.5 职业能力和态度	2.1.1 发现问题和表述问题;2.1.2 建立模型;2.1.3 判断和定性分析;2.1.4 带不确定性因素分析;2.1.5 解决方法和建议 2.2.1 建立假设;2.2.2 查阅相关书刊或者电子文献;2.2.3 实验探索;2.2.4 假设检验和论证 2.3.1 全方位思维;2.3.2 系统的显现和交互作用;2.3.3 确定主次和重点;2.3.4 解决问题时权衡、判断和平衡 2.4.1 主动性与愿意承担风险;2.4.2 执着与变通;2.4.3 创造性思维;2.4.4 批判性思维;2.4.5 了解个人的知识、技能和态度;2.4.6 求知欲和终身学习;2.4.7 时间和资源的管理 2.5.1 职业道德、正直、责任感并勇于负责;2.5.2 职业行为;2.5.3 主动规划个人职业生涯;2.5.4 与世界工程发展保持同步

续表

一级要求	二级要求	三级要求
3 人际交往能力:团队工作和交流	3.1 团队工作	3.1.1 组建有效的团队;3.1.2 团队工作运行;3.1.3 团队成长与演变;3.1.4 领导能力;3.1.5 技术协作
	3.2 交流	3.2.1 交流的策略;3.2.2 交流的结构;3.2.3 写作交流;3.2.4 电子和多媒体交流;3.2.5 图表交流;3.2.6 口头表达和人际交流
	3.3 使用外语交流	3.3.1 英语;3.3.2 欧洲其他语言;3.3.3 其他语言
4 在企业和社会环境下构思、设计、实施、运行系统	4.1 外部和社会背景环境	4.1.1 工程师的角色和责任;4.1.2 工程对社会的影响;4.1.3 社会对工程的规范;4.1.4 历史和文化环境;4.1.5 当代的焦点和价值观;4.1.6 发展全球观
	4.2 企业与商业环境	4.2.1 认识不同的企业文化;4.2.2 企业战略、目标和计划;4.2.3 技术创业;4.2.4 成功地在团队中工作
	4.3 系统的构思与工程化	4.3.1 设立系统目标和要求;4.3.2 定义功能、概念和体系结构;4.3.3 系统建模并确保目标实现;4.3.4 开发项目的管理
	4.4 设计	4.4.1 设计过程;4.4.2 设计过程的分段与方法;4.4.3 设计中对知识的应用;4.4.4 单学科设计;4.4.5 多学科设计;4.4.6 多目标设计
	4.5 实施	4.5.1 设计实施过程;4.5.2 硬件制造过程;4.5.3 软件实现过程;4.5.4 硬件、软件集成;4.5.6 实施过程的管理
	4.6 运行	4.6.1 运行的设计和优化;4.6.2 培训与操作;4.6.3 支持系统的生命周期;4.6.4 系统改进和演变;4.6.5 弃置处理与产品报废问题;4.6.6 运行管理

课程是以实践积累的知识为基础,遵照培养目标的要求,经过选择和组织所构成的、可供教师传授的科学体系和教学内容,也是学习者的学习路线。课程不等于学科的某个分支,但却具有学科的属性。课程体系既要符合学习者的认知规律,又要符合讲授者的教学要求。根据课程属性和教学规律,基于CDIO教学大纲的要求,突破学科相互分割、课程相互独立的体系,将土木工程本科四年的课程构建成4个层次的系列课程体系,即基础科学知识(第一层次)—核心工程基础知识(第二层次)—高等工程基础知识(第三层次)—在企业和社会环境下的CDIO(第四层次),具体内容见图2。

三、土木工程专业CDIO系列课程的特点

基于CDIO的土木工程专业系列课程具有如下3个特点。

(一)课程设置以CDIO为目标

4个层次的课程中(见图2),第一至第三层次的学习主要通过理论学习、实践教学、自学及团队协作和交流,激发学生的学习兴趣,激励学生的学习动机,

培养学生个人能力、职业态度和团队协作能力,提高个人综合素质和掌握土木工程设计、施工及施工组织、工程计量计价的专业知识,实现第四层次即在企业和社会环境下的构思、设计、实施和运行目标。

以CDIO为目标的系列课程设置改变了只重理论知识而轻实践教学,只重专业技术知识培养而轻综合素质提高的观念,倡导培养学生的创新意识、理论联系实际的作风和团队协作精神,以工程项目为载体,围绕工程项目的实现,引导学生主动学习,带着问题探究,使项目与知识、技能相互融合,使学生的学习更具针对性。

(二)课程内容优化

将建筑材料、混凝土结构基本理论、混凝土与砌体结构、钢结构、高层建筑结构、钢-混凝土组合结构、土力学与地基基础、工程结构抗震等课程重新整合,避免课程内容的重复和单一;给一年级新生开设土木工程概论,既结合了入学专业教育,又让学生尽早接触了工程概念,了解所学专业;开设建筑结构概念设计课程,对贯彻工程教育思想,培养学生创新与

实践能力,起到重要作用;适当压缩其它课程的课时,给学生更多的自主空间,同时推出网络课程,延伸课堂教学的内容,扩大学生的信息量。

突出对学生能力和创新精神的培养,加强实践教学环节,改革课程实验体系,构建设计型综合实验,提高实践教学环节对培养学生动手能力、团队协作能力和创新能力的效果。

课程内容优化后,促使各课程之间联系密切、相互支持,而不是彼此分散、孤立。

(三) 学科知识与能力培养同步发展

对系列课程中的每门课程,教学大纲都规定了明确的关于学科知识、个人、人际交往能力以及工程项目的构思、设计、实施和运行能力目标。传统的土木工程专业课程教学计划难以满足要求,特别是当预期学习效果超出传统计划核心教学内容时,教师很难额外增加教学时间和内容。而 CDIO 模式通过构建系列课程、优化课程内容、更新教育观念,细化每门课程的教学大纲,实现学生学科知识和能力的同步发展,使课程计划对已有的时间和资源发挥双重作用。

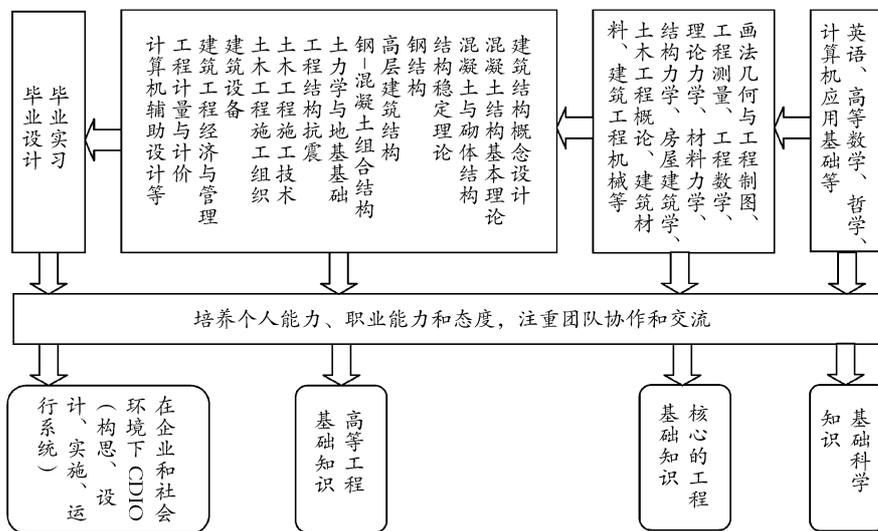


图2 土木工程专业 CDIO 课程构成

四、土木工程专业 CDIO 系列课程的实施

土木工程系列课程是通过课堂教学、网络教学、实验教学、设计教学、实习、社会实践、自学和考核等多种教学环节和教学方式实现的。课程体系的实施既要符合学习者认知规律,又需符合讲授者的教学要求,主要包括6个方面内容。

(一) 细化培养方案和课程大纲

如何在有限的学制、学时中使土木工程专业的毕业生具备业界所需要的知识、技能和素质是目前土木工程专业教育改革需探索的重点。参考 CDIO 各能力成熟度等级的特征,在大学四年的课程设置有,第一及第二学年培养学生本专业的的基础知识、核心的工程基础知识、社会责任感、良好的职业道德和人文精神。第三学年通过工程项目进行专业知识的学习,每门课程的教学大纲结合各种工程项目突出“做中学”的理念,形成自主学习、团队协作和项目及项目系统组织、管理的基本工程能力,使学生具备进入实际工程所需的专业知识和基本能力。在第四学

年的课程设置中,专业技能的培养是关键,应该创造机会对学生进行实际工程的训练,使学生具备良好的专业工程实践经验,并具备发现和解决实际工程问题的能力,能自发地根据工程项目需要学习其他知识,更新自己的专业知识,拓展自身的专业技能。

(二) 开展项目法教学,推进工学结合

CDIO 教育模式要求学生基于工程项目的全生命周期进行学习与实践,注重让学生参与工程项目,从项目的构思、设计、制作、运行四个环节中,主动获取知识。有些课程可以与企业合作,在项目的教学中,以项目为中心构建真实的学习情境,将项目引入教学,激发学生学习的兴趣,开展“做中学、做中教”,重视培养学生的工作过程性知识,并以项目的运行过程中学生的表现作为评价学生学习效果的重要依据。

(三) 建设校内外实训基地,配套硬件设施

在保证课程实验教学的基础上,逐步更新、改善实践教学硬环境,为学生团队创新活动、大学生各类竞赛、探究性实验、多学科交叉团队自主创新设计等

活动建设校内实验实训基地;依托校企合作,建设校外实习基地,使学生在真实的社会、企业环境中,了解社会对人的要求、职业对知识结构的要求和岗位对技能的要求。

(四)更新教育观念,加强师资建设

组织引导教师研究探讨 CDIO 工程教育内涵和教育模式,建立学业导师制、项目指导小组和课程教研小组,让教师参与土木工程专业 CDIO 培养方案、课程计划、课程大纲的制定工作。开展教师培训,邀请工程教育专家、企业家与教师座谈,组织观摩教学,引进“双师型”教师,以此不断提高教师的工程素质,提升教师的教学能力和综合水平。

(五)提高综合素质,改变学习方式

CDIO 教育模式采取以项目为中心、教师为主导、学生为主体的“做中学”教学模式,必然引发学习组织形式的变化,相应地要求学生改变传统的被动学习方式。例如:土木工程的专业课可以采用小组合作的教学模式,每个小组由 5~6 名学生组成,组员有不同角色的分工,课程以工程项目为载体,教师由“满堂灌”的主讲者变为课程的引导者。项目运行过程中,学生带着问题主动学习,小组成员之间相互讨论、支持、协调,学会项目构思、制定计划、初步设计、施工图设计和项目的组织管理。完成项目后,学生能够相互检查、评估完成质量,可通过课堂汇报形式,彼此交流获得的经验,分享成功的喜悦,进而不断巩固学生的合作关系,增强团队协作意识,提高学生的综合素质和能力。

(六)建立科学的考核指标和评价体系

传统的学习考核一般仅采用“考试”的形式,并以分数的高低来甄别学习效果的好坏,不注重学生的学习过程。传统理念下的学业考核及评价只关注结果,具有较浓厚的功利色彩,学生只需要接受知识

并取得好成绩就达到目的。CDIO 教学模式从目标到内容始终强调学习过程,模型要求学生在掌握基础知识和专业技能的基础上,将个人的学业发展、职业发展置身于产品构思、设计、实施、运行 4 个阶段中,在过程中掌握必备的知识与技能,提高自己的工程应用能力;模型要求毕业生能掌握基础的工程原理,能致力于工程产品的改进,能够成长为一个现代化的创新型工程师。引入 CDIO 模型的理念就必须要求学业评价以“过程”为基础开展,关注知识、技能的学习过程,关注实践环节及工程应用能力,力求知识与能力的协调统一。

五、结语

卡内基曾说过:“个人事业的成功只有 15% 取决于他的专业技能,另外的 85% 要依靠他的人际关系和处事技巧。”土木工程专业系列课程中,专业知识呈现垂直排列,项目和能力呈水平排列,这种专业知识相互垂直支撑、项目和能力相互融合的模式,解决了基础课程、专业基础课程、专业课程、专业实验、实习、毕业设计等既成系统又相互融合的问题,体现了 CDIO 模型加强专业基础教育的同时,关注工程实践,强调个人职业技能与人际沟通技能并重,培养学生实践能力、自学能力、交流沟通与表达能力以及团队合作精神的优点。

参考文献:

- [1] 吴鸣,熊光晶. CDIO 大纲对桥梁工程教学创新的启示[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(5): 102-106.
- [2] 陈启元,任胜兵,胡志刚,等. 工科大学生 CDIO 能力成熟度评估与改进体系研究[J]. 中国高等教育, 2009(8): 31-33.
- [3] 顾佩华,陆小华,沈民奋. CDIO 大纲与标准[M]. 广东: 汕头大学出版社, 2008.

Construction and implementation of CDIO serial courses for civil engineering specialty

ZHENG Hong

(School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, P. R. China)

Abstract: The paper discussed the problems existing in civil engineering education, based on CDIO teaching mode, constructed CDIO serial courses for civil engineering, and put forward practice project. Single knowledge or technical education can not meet the demands of the modern engineering education, so the paper found a way to improve the students' ability of civil engineering specialty through courses setting and engineer education reform.

Keywords: civil engineering; CDIO mode; serial courses

(编辑 周沫)