

# 基于 CDIO 理念及实践类项目的 结构力学课程改革研究

刘哲<sup>a</sup>, 胡文龙<sup>b</sup>

(汕头大学 a. 土木工程系; b. 高等教育研究所, 广东 汕头 515063)

**摘要:**结构力学作为土木专业传统的基础力学课在土木工程专业的教学和学生学习中起到基石作用,随着国外 CDIO 教育理念的引入及我国卓越工程师教育改革的深入,如何保证这门传统学科符合时代需求成为土木专业教师和学生需要思考的问题。文章结合汕头大学工科基础课教学改革,探讨了实践类项目(三级项目)在结构力学课程中的应用,为今后相关课程改革提供了一定的借鉴。

**关键词:**CDIO; 工程教育; 实践类项目; 土木工程专业; 结构力学

**中图分类号:**TU311; G642.0

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2014)03-0052-06

大量教育实践证明,教育理念既是课程与教学改革的上层建筑也是重要基础,如何确定教育理念是教学改革的顶层制度设计问题。麻省理工学院和瑞典皇家工学院等经过四年的探索研究,创立了 CDIO 工程教育理念,倡导工程教育应当从科学向工程的回归。CDIO 工程教育模式自 2005 年引入中国以来,在短短几年内就对中国工程教育产生了深远的影响,CDIO 代表构思 Conceive、设计 Design、实施 Implement 和运行 Operate。CDIO 以产品研发到产品的运行维护和废弃的全生命周期为载体建立相互支撑和有机联系的一体化课程体系让学生以主动、实践的方式学习工程<sup>[1]</sup>。CDIO 工程教育模式以专业理论为基础,关注实践,强调新一代卓越工程师培养的核心信念。

国内工程高等教育人员发现其优点将其应用于不同专业的工科学生的培养过程中<sup>[2-4]</sup>,如信息工程、软件工程、工业工程等,通过近些年的教育改革逐渐形成了具有中国特色的卓越工程师培养计划及方案。与此同时,该理念也渗透到具体课程的教学大纲制定过程中<sup>[5-9]</sup>,如理论力学、路基路面、土木工程材料、工程经济学、工程管理等。尽管上述研究人员对不同专业和土木工程专业的课程围绕 CDIO 理念的应用进行了相应的研究,但是对结构力学这门课程的研究相对较少。

土木工程专业作为工程教育中实用性、操作性强的专业与 CDIO 教育理念相吻合,汕头大学土木系作为汕头大学 EIP—CDIO 改革的试点单位在专业基础课及专业课方面都进行了有益的尝试。文章以土木专业基础力学课——结构

收稿日期:2013-12-03

基金项目:汕头大学校级教改项目

作者简介:刘哲(1977-),男,汕头大学土木工程系副教授,博士,主要从事土木工程防灾减灾研究,(E-mail)liuzhe@stu.edu.cn。

力学为研究对象深入探讨了三级项目(实践类项目)与 CDIO 教育理念在课程教学中的应用,为从事工程教育研究特别是从事土木工程专业教育研究的人员和学者提供一定的参考。

### 一、结构力学课程现状

#### (一) 课程的作用与定位

结构力学 (Structure Analysis 或 Structure Mechanics) 在国内外高等学校土木专业课程中占有非常重要的地位。作为土木工程专业力学基础课,结构力学一方面以高等数学、理论力学、材料力学等课程为基础,另一方面,又是钢结构、钢筋混凝土结构、土力学与地基基础、结构抗震等专业课的基础。结构力学不但为后续课程提供必需的基础知识和计算方法,而且在课程设计、毕业设计的过程中也要反复用到结构力学知识,因此,在整个课程体系中处于承上启下的核心地位。该课程的学习效果将影响到上述专业课程的学习,也是影响土木工程专业学生培养质量的重要因素之一。

#### (二) 课程的重点与难点

该课程在弹性小变形的假定下,对实际结构进行简化并建立结构计算简图,利用平衡条件、力法及位移法计算静定及超静定结构杆件的内力及变形,同时在此基础上计算结构动力特性及稳定特性。而要熟练掌握上述课程内容除了进行大量习题外,更为重要的是将课程理论与实际结构相结合,遵循从实际结构→计算简图→方法选择→受力分析→结果判断的流程。而上述流程分别对应经典结构力学方法、计算结构力学方法和概念结构力学方法(图 1)。同时这些方法与流程的应用与 CDIO 所倡导的基于

项目和实际结构的教育理念有共同的思路。

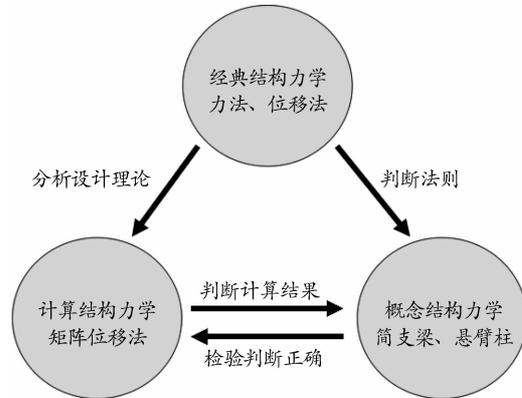


图 1 三种结构力学方法的关系

### 二、实践型项目在结构力学课程中的应用

传统的结构力学课程设计遵循的基本思路是习题 + 作业 + 考试的模式,但是经多年的结构力学教学实践发现,这种方式培养的是学生的做题能力,并不是学生如何应用力学基础解决实际工程问题的能力。为此汕头大学结构力学教研组遵循 CDIO 的工程教育理念在结构力学 I 和 II 课程中渗透了三级项目,建立三级实践类项目与 CDIO 相关内力的对应关系,在构思—设计—实现的过程中,激发学习兴趣,发挥学生的主观能动性,进一步理解结构力学的基本概念及方法,以及其在工程实际中的应用。

#### (一) 三级项目与 CDIO 能力的对应关系

课程在参考《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中对结构力学课程知识单元及知识点的描述后,确定表 1 所示的各教学环节,并将教学环节与 CDIO 能力和 ASCE BOK2 所确定的学习成果相对应,建立了教学环节和能力的联系。

表 1 实践类项目与 CDIO 能力对应表

CDIO 相关能力		程度	结构力学 I	结构力学 II
1. 技术知识和推理	1.1 相关科学知识(数学知识)	3		●
	1.1 相关科学知识(自然科学知识)	2		●
	1.2 核心工程基础知识(材料知识)	2	●	●
	1.2 核心工程基础知识(力学科学知识)	3	●	●
2. 个人能力、职业能力和态度	2.1 工程推理和解决问题能力	3	●	●
	2.2 实验和发现知识		●	●
	2.1.4 带有不确定性的分析		●	●
	2.4 个人能力和态度	2	●	
	2.4.6 求知欲和终身学习		●	●

续表

CDIO 相关能力		程度	结构力学 I	结构力学 II
3. 人际交往能力	3.1 团队工作	2	●	●
	3.1.4 领导能力			
	3.2 交流	3	●	●
4. 在企业和社会环境下构思、设计、实施、运行系统	4.3 系统的构思与工程化	2	●	●
	4.3.1 设立系统目标和要求			
	4.4 设计	4	●	●

注:掌握程度按照 Bloom's 学习目标分类法。

## (二) 项目设计

的名称、技术目标、能力目标及相关要求和考核

表 2 表列出了结构力学 I 和 II 课程中三级项目 方法。

表 2 三级项目(实践类项目)相关目标

	结构力学 I	结构力学 II
三级项目设计名称	纸质结构受力系统设计	矩阵位移法的电算
技术目标	1. 结构从三维实体到理想简化的过程有实际的经历与理解 2. 结构计算模型与实际结构间的关系,对假设和误差的评估 3. 结构抗力的统计性 4. 内力计算及其在结构设计中的应用	1. 掌握矩阵位移法的基本原理 2. 进一步巩固坐标变换及刚度矩阵的组装 3. 掌握利用程序语言或分析软件实现矩阵分析的流程
能力目标	1. 工程科学规律的实验探索 2. CDIO 能力培养 3. 整合思维能力培养	1. 具备一般工程问题的判断及分析能力 2. 进行过程中发现问题、解决问题、讨论问题 3. 应用语言、书写、图表和电算方式进行项目设计的流程表达
活动与要求	活动分为两个阶段进行。 1. 第一阶段为理解材料和参赛者在比赛规则下自行练习(每个组提供 A4 复印纸 20 张),练习时间为一个月 2. 在比赛当天进行模型制作和加载试验。在加载试验结束后,立即进行评奖和颁奖仪式	1. 利用 EXCEL 实现对矩阵位移法 2. 利用 SAP2000 对 EXCEL 计算结果进行校核
考核方法	小组宣讲	小组宣讲

## (三) 评分方式

将简单枯燥的结构力学理论授课与实际工程讨论、三级

在引入 CDIO 理念后的结构力学课程评分构成(表 3)及方式(表 4)也相应发生改变,采用该种评分方式后,能激发学生对结构力学的学习兴趣,更为重要的是

项目设计结合,真正从应试能力培养过渡到实际应用能力培养,让学生懂得什么是结构力学(What),为什么学结构力学(Why),如何用结构力学(How)。

表 3 结构力学 I 实践类项目评分方式

项目阶段	分数百分比	判别准则
准备阶段报告	40%	对反思问题回答、分析和思考问题的深度、过程记录完整性、实验结论的科学性和实用性
竞赛阶段报告	20%	对反思问题回答、分析和思考问题的深度、过程记录完整性、结构设计合理、计算模型正确、计算结果正确
竞赛结果	20%	结构满足基本条件:安全承受 1 kg 荷载,荷载达到 2 kg 破坏,用纸量低、破坏模式估计正确
个人报告	20%	个人的贡献,对整个竞赛项目过程的观察,对队友的评价

结构力学 II 分数构成:实践类项目总分 = 项目 计分析报告(40%)。

设计过程(30%) + 软件掌握程度(30%) + 项目设

表 4 结构力学 II 实践类项目具体评分标准

评分要求

能否按照项目内容、要求编写程序和分析验算[20分]

能否熟练变化矩阵位移法的各个参数并对参数进行讨论[20分]

能否有效地进行项目设计准备,独立操作,在项目设计过程

中发现、解决问题、讨论问题[10分]

能否掌握商业分析软件对项目进行相应的验算[30分]

能否应用书写、图表的方式完成项目设计内容及分析数据的

整理,正确撰写项目设计及综述报告[20分]

0	1	2	3	4
很差	较差	良好	优秀	突出

(四) MYSTU 平台的结合

MYSTU 教学平台(图3)是任课教师和学生的交流和学习平台,其中包括了课程的进度计划、学生讨

论区、作业管理区、课程管理区等,教师可以通过此平台发布作业,批改作业、登记成绩,实现了作业提交的电子化和可记录化功能。



图 2 MYSTU 操作平台

按照 CDIO 理念进行结构力学课程的调整后,学生可以通过该平台进行项目报告的提交及相关问题的提问,课堂学习与网络学习结合,不但实现了教师与学生沟通的及时性,也避免了迟交作业的现象。

项目实施过程中发现的问题或者称为反思教育尤为关注,因此,结构力学课程改革的另外一个特点就是通过对课程目标的重新定义及 CDIO 能力的对应关系,确定实践类项目的反思内容和 CDIO 能力之间的关系(表5)。以结构力学 I 的三级项目为例,其反思问题与 CDIO 能力的对应关系如表 5。

三、问题反思

目前国内外的教学机构对学生及教师在课程及

表 5 结构力学 I 三级项目反思问题与 CDIO 能力对照表

阶段	反思内容与 CDIO 能力
准备阶段	1. 本阶段的目标是什么? 列出已知条件、困难、关键问题(整合思维;清晰定义问题)
	2. 拉压破坏的主要区别,影响承压能力的主要因素:可控因素、不可控因素(整合思维:系统思维、批判性思维)
	3. 如何在实验中体现这些因素(整合思维;系统思维、批判性思维)
	4. 如何在结果中体现这些因素(CDIO 2.2 实验和发现知识)
	5. 因素的影响确定吗? 如果不确定,如何消除(减小)不确定因素对实验结果的影响(CDIO 2.1.3 估计与定性分析)
	6. 实验结果的适用性如何? 如何使实验结果具有更广泛的适用性
	报告要求:
	1. 实验目的(整合思维;定义问题)
	2. 实验设计(CDIO 2.1.1 发现问题和系统表述问题;CDIO 2.3 系统思维)
	3. 结果预测(CDIO 2.1.3 估计与定性分析)
4. 实验过程(CDIO 2.2 实验和发现知识)	
5. 数据采集(CDIO 2.2.3 实验性的探索)	
6. 数据整理(CDIO 2.2.4 假设检验与答辩)	
7. 数据误差与可靠性分析(CDIO 2.2.4 假设检验与答辩)	
8. 实验结果的表达(CDIO 2.2 实验和发现知识;CDIO 3.2 交流。整合思维:创造性解决问题)	

续表

阶段

反思内容与 CDIO 能力

设计竞赛阶段

1. 本次竞赛本组要达到的目标,基本要求,追求的目标(整合思维:定义问题)
2. 提出了几种不同的结构形式(CDIO 4.1.1 设计过程)
3. 组内如何决定最终设计方案(CDIO 2.4 个人能力与态度;3.1 团队工作;3.2 交流)
4. 结构的计算模型(CDIO 2.1.2 建模)、计算过程与计算结果
5. 结构从3D向2D简化的过程与理由。结构计算模型与真实结构的区别,这样的差异会对结构内力分析结果产生怎样的影响(数量级估计)(CDIO 2.1.3 估计与定性分析),怎样保证达到竞赛基本要求(CDIO 2.1.4 带有不确定性的分析),竞赛前做过哪些文献研究
6. 设计破坏荷载,破坏模式,如果实际模式与预测结果不同,分析原因;如果相同,总结经验(CDIO 2.1.5 解决方法和建议)

设计竞赛后

课堂上,5分钟,使用PPT说明在项目实施过程中最重要的收获

通过上表反思问题的设计,进一步加强了学生对问题的理解和相关能力的锻炼。

#### 四、成果与展示

学习效果对评价课程改革起很重要的作用,评价 CDIO 理念在结构力学三级项目改革中的效果也成为衡量该课程改革效果的标准。以结构力学 I 及 II 中的三级项目为例,学生按学号分组(5~6人),待项目完成后对其项目成果进行汇报,教师和学生

均可以对其展示内容进行提问,最后通过学生小组成员的综合表现确定项目的分数(图3)。

成果展示可以培养学生的表达和小组组织能力,并且通过对三级项目的计算及不同工程结构的理解,加深结构力学同实际工程的联系,进一步加深计算结构力学概念在经典结构力学中的应用。这个过程从本质上培养了学生对力学问题的理解以及学生探索、求知的能力。

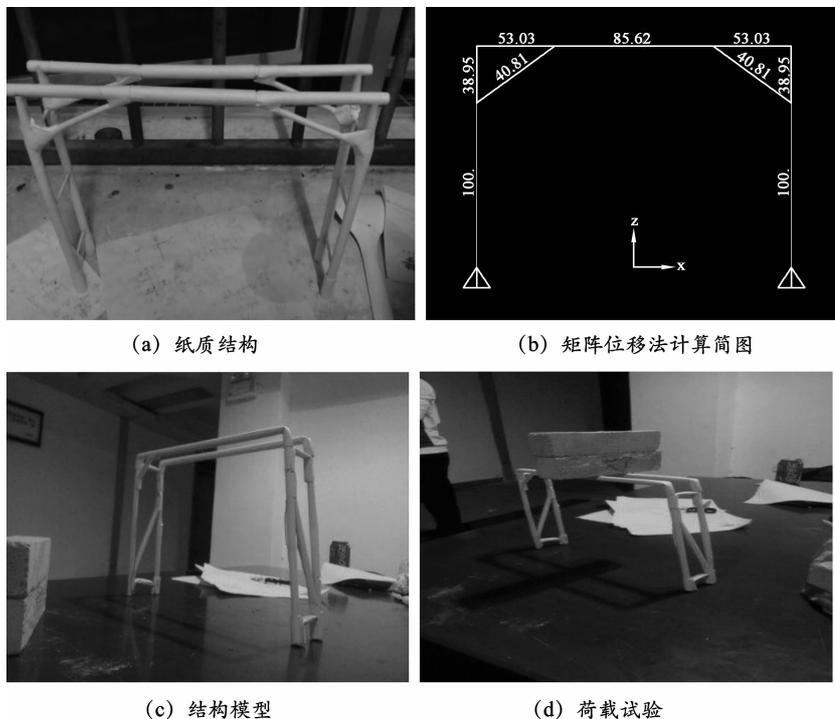


图3 三级项目试验过程

通过将 CDIO 理念与结构力学课程的结合,学生充分了解了结构力学的上述流程,在学生三级项目中得到了应用。

#### 五、结语

CDIO 工程教育模式是直接按照工业界要求建立的一整套工程教育实施体系,它回答了工业界提出的“培养什么人”和“怎样培养人”这两个对工程

教育人士提出的根本问题。文章对实践类项目如何与 CDIO 教育模式及结构力学课程结合进行了描述,通过上述内容的阐述发现将 CDIO 教育理念和实践类项目引入结构力学课程后,将传统的教师理论讲授和学生题海战术的教学方式进行了改革,激发了学生主动学习力学基础知识的兴趣,从一定程度上解决了为什么学习结构力学,什么是结构力学及如

何应用结构力学这三个一直困扰学生和主讲教师的问题。

参考文献:

- [1] 顾佩华,沈民奋,李升平,等. 从 CDIO 到 EIP - CDIO——汕头大学工程教育与人才培养模式探索[J]. 高等工程教育研究,2008(1):12 - 19.
- [2] 何朝阳,曹祁,杜树旺,等. 基于 C&P - CDIO 模式的电子信息工程专业人才培养[J]. 高等工程教育研究,2013(2):60 - 63.
- [3] 杨夏妮. 基于 CDIO 工程教育模式的“软件工程”实践教学研究[J]. 玉林师范学院学报:自然科学,2012,33(2):139 - 142.
- [4] 慕光宇,薛冬娟,潘颖. 基于 CDIO 理念的工业工程专业实践教学初探[J]. 装备制造技术,2013(8):52 - 53.
- [5] 张世民,史晟邑,丁智,等. CDIO 实践项目在《理论力学》教学中的应用[J]. 武汉理工大学学报:社会科学版,2013(26):225 - 227.
- [6] 吴鸣,熊光晶. 基于 CDIO 理念的路基路面工程教学改革实践与探讨[J]. 长沙铁道学院学报,2007(4):244 - 246.
- [7] 陈会凡,李广慧. CDIO 工程教育模式在土木工程材料中的应用研究[J]. 高等建筑教育,2011,20(4):39 - 43.
- [8] 刘国买. 基于 CDIO 的工程经济学课程教学改革[J]. 高等建筑教育,2012,21(6):64 - 67.
- [9] 冯治诏,刘龙龙,陈卓,等. 基于 CDIO 的工程管理实习基地建设模式探索[J]. 高等工程教育研究,2012(4):165 - 170.

## Reform of structure mechanics course based on CDIO concept and practical project

LIU Zhe<sup>a</sup>, HU Wenlong<sup>b</sup>

(a. Department of Civil Engineering,

b. Higher Education Research Institute, Shantou University, Guangdong 515063, P. R. China)

**Abstract:** Structure mechanics is very important in the teaching and study of civil engineering specialty as a basic course. With the introduction of CDIO education theory and the further reform of training excellent engineers, how to make sure this course reach the present requirement should be considered by teachers and students of civil engineering specialty. Based on the reform of basic engineering course in Shantou University, we analyzed the application of practical projects in structure mechanics course teaching, which can be a reference for the reform of related courses in the future.

**Keywords:** CDIO; engineering education; practical project; civil engineering specialty; structure mechanics

(编辑 周沫)