

# “CDIO”工程教育模式在“材料力学” 教学改革中的探索与实践

周 岭 李风娟 李 建 王 龙 穆根进

(塔里木大学 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:** 在总结材料力学授课过程存在的主要问题的基础上,以培养学生大工程素质及能力为目标,基于 CDIO 理念制定材料力学课程的改革大纲,从课程内容、实践教学、课程考核等几方面提出具体的改革措施和方法,在教学研究中为培养学生全方位的工程素质与能力提供了很好的借鉴。

**关键词:** CDIO 模式; 材料力学; 工程能力; 课程改革

**中图分类号:** G642.0 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-4981(2017)06-0080-04

材料力学是高校工科类的一门重要专业基础课,是构成专业体系的重要支撑平台<sup>[1]</sup>,是后续专业课程中讲述零件强度和刚度设计等方面内容的理论基础。该课程实用性强、与工程实际联系紧密,而且,课程概念多、公式多、理论性强,在实际教学过程中教师多以课堂讲授为主,很少设置实践教学和创新教育环节,造成学生被动接受惰于思考、缺乏实践创新能力的培养。因此进行材料力学课程的教学改革,提高学生学习的主动性<sup>[2]</sup>,培养学生的实践能力和创新能力,十分重要且必要<sup>[3]</sup>。

如何培养学生的实践和创新能力,是国内外教育改革的焦点问题之一<sup>[4]</sup>。CDIO (Conceiving-Designing-Implementing-Operation) 是由美国麻省理工学院和瑞典皇家理工学院等四所大学历经四年提出的国际工程教育与人才培养的创新模式。CDIO 模式强调学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程,关注工程实践以及学生创新行为与社会大环境协调发展的能力培养。基于 CDIO 工程教育模式进行“中国化”工程人才创新能力的培养是值得探讨的研究课题。如何利用 CDIO 理念培养学生理论联系实际及工程创新的能力,是材料力学课程改革的一个新方向。

## 一、当下材料力学教学过程中存在的突出问题

### (一) 现有课程设置影响了学生工程素质的培养

材料力学课程与工程实际结合紧密、实用性强,同时,课程概念多、公式多、较为抽象,需大量课时进行系统性讲解。但随着教学改革的进行与教学大纲的调整,材料力学的课时逐渐减少,同时,教学过程却缺失课时减少与提高学生能力培养的有效补偿途径,课时减少与如何提升学生工程素质的矛盾日益凸显。如何让学生在有限的课时内掌握材料力学基本与核心知识,并能够对概念与知识融会贯通及应用,是培养学生优秀工程素质及能力的基础。

### (二) 实践教学单一化制约了学生工程能力的培养

国家“十三五”规划着力强调要培养工匠精神和创新能力,体现在具体的教学环节中,即从教学手段、内容设计到课堂教学,均要充分反映出对学生实践创新能力的培养。但材料力学课程现有教学模式实践教学环节薄弱,反映出的主要问题有:实践教学课时量少,与教学内容不能高度契合,不能让学生对教学内容建立完整的感知思维;实践教学脱离大工程背景<sup>[5]</sup>,教学环境辐射面窄,严重脱离实际工程背景,制约了培养学生大工程素质。如何将实践教学有效融入当下的教学模式中,形成新型合理的工程教育模

基金项目: 教育部人才培养专项: 新疆本土化工程技术人才的培养研究(11JJDG003); 塔里木大学教改课题: 基于课程设计的《材料力学》课程教学改革研究; 塔里木大学重点课程建设“材料力学”。

收稿日期: 2017-05-19

作者简介: 周岭(1972-),女,机械电气化工程学院教授,博士。研究方向: 生物质资源化利用。

式,是目前亟待解决的问题。

(三) 现有的考核方式不能发挥学生的主体作用

一个好的课程考核改革方案,应该放在三个视角上来构思。第一是能力维度,教学首要考虑的是学生学完该课程后掌握了什么能力;第二是主体维度,以学生为主体,以激发学生的学习主动性及思维创新性为考核主要目的;第三是时间维度,即在教学全过程的不同时间节点设置不同考核方式。目前材料力学课程的考核方式通常为卷面成绩(60%)、实验成绩(20%)、平时成绩(考勤、作业,20%),由此,可以看到现有考核形式过程简单、方式简单、评价指标简单,既不能充分体现考核的全程化、多元化、综合化,又缺失以学生为主体发挥能动作用的考核元素。这样的考核方式不能很好地培养学生主动创新、理论联系实际的应用能力。

二、CDIO 工程教育模式与材料力学教学改革

(一) CDIO 工程教育理念

CDIO 大纲能力目标的设置遵循工程人才创新素质的培养规律。CDIO 教学模式强调教学内容、教学手段、教学环境等教学要素要充分结合以工程为背景的实际案例进行教学活动,从而使学生在理论知识、分析问题与解决问题能力、合作能力和工程系统能力等方面不断地得到训练和提高。

(二) 基于 CDIO 教学模式明确课程改革目标

针对“材料力学”课程传统教学模式的弊端,基于 CDIO 教学模式,将材料力学课程教学要素重新整合,构建新的内容框架,明确设想、设计、实施和操作四环节的具体教改内容和教学形式,在课程教学中突出“重基础、强实践、突应用、促创新”。着重加强对

理论基础和实践操作的培养,强化学生思考、分析和解决问题的能力,注重实践创新环节,把培养学生的工程应用能力放在突出位置来考虑。将课堂教学与实验操作、工程现场相结合,通过“验证、综合、工程实际案例分析”实验教学与“第二课堂”构建的“3+1”的教学理念,搭建一个由课堂教学和不同层次实践教学环节有机结合的课程教学体系,从而使学生的学习能力、创新思维、实践能力、团队合作意识等方面得到有效锻炼,体现了 CDIO 教学的核心思想,提高了课程教学效果,从而实现具有工程创新能力的应用型工程技术人才的培养目标。

(三) 基于 CDIO 理念构建材料力学课程的教学大纲

本文通过研究 CDIO 教育理念、CDIO 大纲和 CDIO 的 13 条能力标准,根据能力标准拟定了与之对应的 6 条主要能力体现形式。将 CDIO “构思、设计、开发和运行”四个过程作为机械类人才培养构架,尝试以“工程项目作为机械类专业人才工程能力培养的载体,培养学生多领域知识、大工程的掌控意识和运作技能;确定理论知识、个人能力、团队合作和大工程系统整合运行四类能力作为工程能力的要点,并将要点细化为 13 种能力,融入教学体系中。根据我校应用型机械类人才培养要求按分析、训练和应用的掌握程度做出具体教学安排。为了合理设置教学大纲“目标深度”,根据布鲁姆目标分类法<sup>[6]</sup>设置了“13 条能力标准”的调查问卷,通过学生调查、企业专访、校际交流、专家咨询等方式,分析调查结果,确定以工程能力培养为目标的评价指标,由此制定了 CDIO 材料力学教学大纲框架如表 1。

表 1 基于 CDIO “材料力学课程”教学大纲

| 目标任务    | 13 种能力    | 与之对应主要能力体现形式 | 目标深度 |    |      |      |
|---------|-----------|--------------|------|----|------|------|
|         |           |              | 记忆   | 理解 | 应用   | 综合分析 |
| 理论知识    | 基本概念、原理   | 分析问题方法       | A    | A  | A    | A    |
|         | 核心工程基础知识  | 解题技能         | B    | A  | A    | A    |
|         | 高等工程基础知识  |              |      |    | B    | B    |
|         |           |              | 记忆   | 接触 | 训练应用 |      |
| 职业技能、道德 | 实验中探寻知识   | 分析问题方法       | B    | A  | A    |      |
|         | 工程建模和解决问题 | 动手能力         |      | B  | A    |      |
|         | 系统思维      | 创新能力         | B    | B  | B    |      |
| 人际交往    | 个人技能和道德   | 软件应用能力       |      | B  | A    |      |
|         | 职业技能和道德   |              |      | B  | A    |      |
|         | 团队协作      | 合作交流         |      | B  | B    |      |
| 工程系统能力  | 沟通交流      |              |      | B  | B    |      |
|         | 工程环境      | 自学创新能力       |      | B  | B    |      |
|         | 构思与工程系统   |              |      | B  | C    |      |
|         | 设计、实施和运行  |              |      | C  | C    |      |

注:基于布鲁姆学习目标分类法设置描述学生在学完本课程后应具有的能力指标,目标栏内以 A、B、C、D 来表示对此级能力要求达到的程度,A 为最高要求,无要求则留空。

### 三、基于 CDIO 工程教学模式的材料力学课程改革具体探索与实践

#### (一) 课程教学模块的改革与优化

根据 CDIO 教学理念,将材料力学教学内容模块重新组合优化。多年来材料力学基本内容安排为:三种基本变形、应力应变分析、强度理论等,这些内容纷繁杂乱、公式多,方法与思路也不够清晰,使学生很难掌握。为解决存在的问题,在进行教学改革时我们将各知识模块进行了调整,按照内力分析、应力分析与强度计算、应变分析与刚度计算组织教学,使学生更容易把握课程脉络,形成清晰思路。此外,在实际工

程应用技术飞速发展的形势下,构件的受力环境也变得更为复杂,物体的形变表现为多种基本变形构成的组合变形,要想准确判断物体的变形类型,必须经过内力分析,由于新的内容构架整合了不同变形内力分析过程,便于学生在学习过程中较好地比较分析内力与变形的关系,更符合工程实际,有利于培养学生处理工程实际问题的能力。

#### (二) 实践教学环节的改革与优化

1. 实验教学构建多层次实验群,在单一验证性实验基础上增加综合性、创新性实验,且根据教学内容完善几大变形实验。实验设置如表 2。

表 2 材料力学实验教学情况

| 实验功能    | 实验名称                            | 备注   |
|---------|---------------------------------|------|
| 基础验证性实验 | 材料拉伸、压缩实验,扭转实验,切变模量的测试,弯曲正应力    | 指定内容 |
| 综合性实验   | 粘贴电阻应变片实验,偏心拉伸实验,叠合梁的弯曲实验(选择个选) | 制定内容 |
| 创新性实验   | 由教师制定题目,学生自己设计实验过程              | 个选   |

2. CDIO 以工程素质培养为着力点,突出实践教学在工程技术人才培养过程中的作用。选择具有实际工程背景的构件作为实验教学素材或以工程课题为实验项目,搭建综合型、工程实践型的实验群;实践教学中开展研究报告的撰写环节,培养学生的工程综合素质;注重将工程素质教育理念与标准规范意识培养相结合,逐渐与工程界要求共性及差异性的认识相契合,从而实现培养学生严谨求实的科学态度这一基本工程素质;将教师承担的科研和生产项目带到教学中,并引导学生参与具体的工程环节,培养学生严谨的工作作风和团结协作的精神,使学生的实际工作能力和解决问题的能力得到加强。

#### (三) 多元化实践教学平台的构建

突破单一的以讲台为中心的教学环境,采取课堂、现场和实践培养三方式,强化“课堂与课外,教学与科研,学校与社会”三结合的相互借力的实践教学模式综合改革,搭建本土应用研究型人才培养基础课程实验群+专业课程实验+特色实践实训平台,形成多元个性化实践创新能力培养体系,培养和提高学生的理论知识应用能力、实践动手能力与创新能力。同时设置“企业指导员”制度,通过学生现场实训或采取请进来的方式,及时疏通课堂理论与课外应用技术内在联系的渠道。

#### (四) 课程考核评价体系的建立

为了实现以教学为中心到以学习为中心的过程转变,采取以评促教的方式,依据 CDIO 培养模式给

出一种合适的评估方法来衡量学生在各种教学环境所取得进步和效果。针对学生不同能力用不同方式来进行考核,在整个教学的实施过程中加强学习反馈,不仅可以科学地评价学生学习效果,还可以有效起到导向作用,激发学生学习动力和热情。

根据材料力学课程 CDIO 教学模式的特点,将教学效果考核内容细分并分配不同的权重:出勤情况 0.05、平时作业 0.05、实验报告 0.05、小组讨论 0.05、汇报答辩 0.1、专项实践报告 0.1、综合试卷 0.6。其中,综合试卷以基本概念、理论、技能(分析与解决问题的方法)为主;汇报答辩采取角色反转方式,要求学生将小组研讨专题以多媒体课件形式进行讲解,并回答教师和同学提出的问题,考核的重点在调研的积极充分性、CDIO 能力体现,专项实践报告要体现选题调研、方案设计、实物开发和交流等环节。

#### (五) CDIO 教学模式在材料力学课程改革中的探索与实践效果

基于 CDIO 工程教学模式分别在 2018、2019 届机械设计制造及其自动化专业的材料力学课程教学中得到应用实践,并取得较好效果。本文采取对比法,以传统教学为主的机械设计制造及其自动化专业 2016、2017 届与实践班 2018、2019 届材料力学课程教学效果进行比较,数据均来自各届同期大二学生。根据 CDIO 目标任务 6 条能力体现形式建立与教学过程中师生互动、考试成绩、自主学习、第二课堂四个方面评价指标的对应关系如图 1,培养效果如表 3。

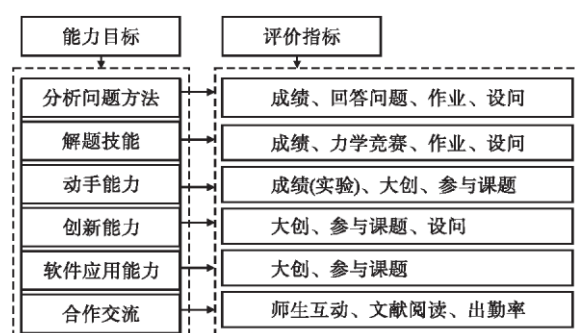


图 1 能力目标与评价指标对应关系

表 3 统计结果表明,改革后材料力学课程教学效果均高于未改革教学效果。改革后材料力学教学互动过程学生主动性显著提高,课堂教学气氛活跃,学生积极响应问、答;自主学习设置的小报告环节(以教师指定阅读文献数量)在 2018、2019 届实施以来,学生完成情况约 100%,充分说明学生内心渴望吸收新知识;在改革后带来的辐射效应凸显在第二课堂,大二学生参加大创项目、工程课题 2018 届达到 7.1%、3.9%,2019 届达到 4.2%、3.9%,以 2018 届为例参与大创项目、工程课题的学生较 2017 届提高

表 3 培养效果评价

单位: %

| 年级<br>(人数)   | 能力目标     |          |          |           |           |            |      |           |          |          |          |
|--------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|------|-----------|----------|----------|----------|
|              | 师生互动     |          |          | 成绩        |           | 自主学习       |      |           | 第二课堂     |          |          |
|              | 主动<br>设问 | 回答<br>问题 | 课后<br>交流 | 卷面及<br>格率 | 总评及<br>格率 | 独立完<br>成作业 | 出勤率  | 文献<br>阅读* | 大创<br>项目 | 工程<br>课题 | 力学<br>竞赛 |
| 2016 届(70 人) | 0        | 0        | 1.4      | 28.5      | 51.4      | 34.2       | 85.7 | 0         | 0        | 0        | 14.2     |
| 2017 届(73 人) | 0        | 1.3      | 0        | 35.7      | 52.0      | 43.8       | 90.4 | 0         | 1.3      | 0        | 54.7     |
| 2018 届(70 人) | 10.6     | 28.5     | 7.1      | 51.4      | 85.7      | 60.0       | 97.1 | 100       | 7.1      | 4.2      | 50.0     |
| 2019 届(68 人) | 18.1     | 38.5     | 16.1     | 56.8      | 85.7      | 58.8       | 100  | 97.1      | 3.9      | 3.9      | 61.7     |

\* 文献阅读是指根据教师指定阅读文献量并形成小报告给出成绩。

5.8%、4.2%。上述结果说明:基于 CDIO 教育理念进行材料力学课程教学改革与实践,多元化的教学过程打破了过去枯燥固定化的学习模式,从而培养学生获取知识的能力(自学)、运用知识能力(解决问题)、共享知识的能力(团队合作)、发现知识的能力(创新)、传播知识的能力(交流沟通),在该教学过程中尤其注重引导学生在实践中发现问题并运用所学知识解决问题。通过上述的改革与实践,机制专业材料力学课程已形成自己的教学特色,在教学研究中为培养学生全方位的工程素质与能力提供了很好的借鉴。

本文总结材料力学传统授课过程存在的主要问

题,并指出现有教学模式不利于培养学生理论联系实际工程能力与创新能力;在调研基础上,基于 CDIO 理念制定了以学生能力为培养目标的材料力学课程改革大纲;从课程内容、实践教学、课程考核等几方面提出了具体的改革措施和方法;根据 CDIO 教育模式,明确了能力培养目标与课程教学过程的考核指标的关系,进行了材料力学课程改革实践与应用,结果表明:基于 CDIO 理念的材料力学课程教学已形成自己的特色,在教学研究中为培养学生全方位的工程素质与能力提供了很好的借鉴。

#### 参考文献:

- [1]王放,陈志谦.材料力学课程教学改革与实践[J].西南师范大学学报:自然科学版,2011,36(2):206-210.
- [2]乔燕,孙传智.材料力学课程教学方法探索[J].大学教育,2016,(8):163-164.
- [3]郭志达,华菊翠.面向创新创业能力培养的地方高校实践教学改革研究[J].高等农业教育,2015,(11):56-60.
- [4]梅怡,梁贵萍,林芸,等.CDIO 教学模式在“液压与气压传动”课程教学改革中的实践[J].贵阳学院学报:自然科学版,2014,9(4):71-77.
- [5]闫冰洁.浅谈基于地方本科高校应用型人才培养的材料力学教学改革[J].大学教育,2015,(12):144-146.
- [6]贾磊.基于 CDIO 工程教育理念的土木工程专业材料力学改革探索[J].科技视界,2015,(1):45.

(责任编辑与校对 杨思尧)