

工程教育专业认证背景下的基础力学实验教学改革

万泽青* 陶 阳 吴正光

扬州大学建筑科学与工程学院, 扬州

邮箱: zqw@yzu.edu.cn

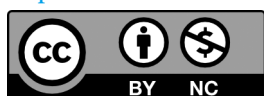
摘 要 | 基础力学实验教学是土木工程专业本科人才培养的重要环节, 基于工程教育认证理念, 对基础力学实验课程教学改革开展研究。针对传统实验教学中存在的问题, 构建了以学生为中心的多层次基础力学实验教学体系, 通过实例介绍了提高型实验项目的开展流程, 探讨了专业认证模式下教学考核评价和质量监控体系。教学实践表明, 多层次的基础力学实验教学体系改革可有效培养学生的团队精神、创新精神和解决复杂工程问题的能力。

关键词 | 工程教育认证; 土木工程专业; 基础力学实验体系; 教学改革

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

力学实验是基础力学课程体系中非常重要的组成部分, 是培养工科学生团队精神、创新精神和解决复杂工程问题能力的重要实践性教学环节^[1]。工科专业基础力学实验通常涵盖了理论力学实验、材料力学实验和结构力学实验的内容, 它对帮助学生理解基础力学课程的基本概念和基本理论起着不可替代的作用。自 2016 年, 中国成为国际上最具影响力的工程教育学位互认协议《华盛顿协议》的成员, 这意味着需围绕工程教育专业认证通用标准和补充标准来进行专业建设和改革, 其核心理念是学生中心、成果导向和持续改进^[2]。基础力学实验课程对于学生毕业要求的达成、培养目标的实现起着举足轻重的作用。笔者所在学院以土木工程专业认证为契机, 对基础力学实验教学体系进行了改革和探索。

2 基础力学实验教学存在的主要问题

笔者所在学院力学实验室承担着全校土木工程、交通工程、工程管理、水利工程、给排水工程等专业的力学课程的实验教学任务,实验设备的配置基本满足本科课程实验的要求,但是对学生的综合能力培养上还存在差距。长期以来基础力学实验课程体系的内容变化甚微,基础力学实验依附于各基础力学课程,长期停留在验证理论、配合课堂教学的功能上;实验目的单一,主要是验证某一理论假设或结论,综合性、设计性实验少,几乎没有创新性实验;实验指导书对具体实验原理、步骤编排过于具体详细,甚至设计好实验结果表格,学生按设定的实验步骤充当“实验操作员”,实验报告千篇一律;实验成绩评定仅以实验报告为依据,没有针对实验教学的专门考核环节,缺乏有效的实验考核手段^[3-4]。

这种实验教学模式,实验只是作为理论教学的辅助手段,难以引起学生足够的重视,实验带有很大的盲目性。学生处于被动状态,感觉枯燥无味,压抑了学习兴趣和积极性,限制了创新能力的培养。

3 基础力学实验课程设置

在土木工程专业实践教学体系中,包括集中性实践教学、第二课堂和创新创业类课程这几大课程类别,基础力学实验是其中重要的组成部分。目前扬州大学土木工程专业培养方案中,在集中性实践教学环节,“土木工程专业基础实验”课程实验模块设置包括基础力学实验、土木工程材料实验、土力学实验,共48学时,其中基础力学实验项目有11个,占23学时,实验的开设时间与相关专业课程的理论教学时间平行。第二课堂共计6学分,其组成部分包含学术科技与创新创业方面,创新创业类课程共计4学分,这两个教学环节所包含的10个学分对土木工程专业所有学生都是必修的。在实施过程中,通过在这两类课程中开展必要的基础力学实验教学项目,不仅能提高学生的学习兴趣,而且能促进学生对基础力学基本理论知识的理解、巩固学生对基本实验技能的掌握和运用,更重要的是能够培养学生的创新能力、动手能力和解决工程实际问题的能力^[5]。

4 改进的多层次基础力学实验教学体系

4.1 基础力学实验课程体系

众所周知,实践教学对培养学生动手能力、创新意识和综合素质起着不可替代的作用。以提高学生解决复杂工程问题的能力为目标的专业认证指标着重强调在课程体系中应具有满足工程实际需要的实践教学体系。在我院土木工程专业最新的培养方案中,基础力学实验项目依据实验性质和基本要求分成了基础型、提高型和创新型三种类型(如表1),将传统的以教师讲解和演示为主的实验教学模式转换为“以学生为中心”教学模式,明确实验目标后,从方案设计、实验操作、数据采集与分析、报告撰写等环节,让学生积极主动地参与实验的全过程。

基础型实验仍然以验证性实验为主,一般给出实验目的、实验设备及仪器、实验对象,要求学生通过实验过程测定一些基本力学性能,验证相关的理论公式及结论,重点考查实验操作步骤、实验结果的分析 and 理解能力。通过基础型实验,加深学生对力学基本理论的理解,初步培养学生的实验操作技能,

激发学生的学习兴趣。此类型实验主要安排在课程体系的集中性实践教学环节, 此类型下的实验项目对于土木工程专业所有学生都是必修的。

表 1 基础力学实验项目列表

Table 1 List of basic mechanics experiments

序号	实验项目	实验类型
1	拉伸实验	基础型
2	压缩实验	
3	材料弹性常数 E 和 μ 测定实验	
4	扭转实验	
5	纯弯梁正应力测定实验	
6	薄壁圆管弯扭组合变形主应力测试实验	
7	桁架静内力测定实验	
8	刚架静内力测定实验	
9	压杆稳定实验	提高型
10	叠梁、复合梁正应力分布规律实验	
11	刚架的稳定实验	
12	多跨梁弯矩的电测实验	
13	梁的静力挠曲线测定实验	
14	梁的影响线绘制实验	
15	结构优化实验	
16	结构自振频率测定实验	
17	开口薄壁梁弯心及内力测定实验	创新型
18	开口薄壁截面约束扭转和圣维南原理实验	
19	自制结构构件模型的加载实验	
20	学生自己设计的其他力学实验	

提高型实验是给定实验目的、实验要求和实验条件, 由学生自行设计实验方案并加以实现。要求学生运用已有知识, 提出实验方案、拟定实验步骤、独立完成操作、记录实验数据、绘制图表并分析实验结果。创新型实验涉及基础力学课程的多个知识点、多种实验方法或技术。在掌握一定基础理论知识和基本操作技能的基础上, 运用一门课程的多个知识点或多门课程的知识点, 对实验技能和方法进行综合训练。这两种类型的实验主要安排在第二课堂和创新创业类课程中完成, 土木工程专业学生可以结合自身的兴趣组成实验小组在这两种类型的实验项目中进行选做, 达到培养方案所要求的学分即可。以提高型实验项目“叠梁、复合梁正应力分布规律实验”为例, 整个实验流程如下:

(1) 学生组建实验小组, 每组 6 ~ 8 人, 以小组为单位, 学生自行设计叠梁、复合梁。设计内容包括确定梁的组成材料、尺寸, 确定梁的连接方式、加载位置、加载制度、应变片粘贴位置等, 学生应用绘图软件绘制梁的简图, 增进学生对梁构件的几何特征、受力特征的认识和理解。

(2) 根据设计的梁简图对实验构件所需材料进行用量计算和准备, 测定所选材料的弹性模量(一般实验用叠梁、复合梁由两种金属材料组成)。在这一环节学生需利用基础型实验中的相关实验项目的知识, 可加深对前面所学基础知识的理解和应用。

(3) 学生通过计算简图和所测材料力学性能参数进行叠梁、复合梁在纯弯曲受力状态下横截面上粘贴应变片处正应力的计算, 完成计算书, 培养学生将理论知识应用到实践中的能力。

(4) 学生根据构件的设计制作叠梁、复合梁, 粘贴应变片等。在制作过程中, 可使学生充分理解两种梁的构造不同所引起的受力性能上的差别, 加强学生的感性认识, 提高学生的实际动手能力。

(5) 学生进行正式实验前的准备, 包括编制记录实验数据的表格、对实验构件和测点编号、安装试件和加载装置, 以及各种接线工作、仪器仪表的安装和调试工作等, 这些准备工作可以培养实验小组成员之间的组织协调能力和团队合作精神。

(6) 对叠梁、复合梁根据设计好的加载制度分别逐级加载, 观察梁的变形, 记录各级荷载作用下每片应变片的读数应变。加载过程中, 实验小组成员各司其职, 每个人都能找到参与感, 可提高学生的积极性。

(7) 学生对实验结果进行分析和描述, 比较理论计算结果和实验结果, 绘制相关实验曲线, 撰写实验报告, 增强学生对数据处理和相关软件的使用能力, 提高学生对实验结果的分析和整理归纳能力。

通过多层次的实验项目的设置, 改革实验教学方法, 让学生全程参与, 整个实验过程贯彻学生中心的理念, 老师只进行协助指导, 从而调动学生的主观能动性, 使学生获得良好的专业训练, 培养学生的实践能力、创新能力和团队精神。

4.2 考核评价体系

实验教学考核是检查教学效果、持续改进教学工作和督促专业培养目标实现的重要手段。基础力学实验教学是一个动态的过程, 学生在教学过程中是教学的主体, 学生通过参与教学活动, 其实验能力逐渐形成和提高, 但通过一次性考核不可能将其能力全面客观地反映。因此, 对学生实验能力的评价应该渗透于教学过程之中, 一方面要能反映学生掌握实验基本知识和实验技能的状况, 另一方面通过评价要能激发学生学习的积极性和创造性。基础力学实验课程的考核环节和考核要求见表2。

表2 考核评价指标

Table 2 Evaluation index system

考核 / 评价环节	考核要求	评定分值
平时考核 (30)	实验课出勤情况良好 (依据实验室记录手册考核)	10
	对基础力学试验设计理论、加载与量测技术的基本原理及方法掌握熟练, 能较好地回答出实验理论课程上的提问	20
实验操作 (30)	初步具有制定基础力学实验方案、独立完成实验的能力	10
	在结构构件等力学试验中操作正确	15
	具有较强的自主学习能力和团队协作能力, 具备专业素质和土木工程师的责任感	5
实验报告 (40)	实验采集数据真实, 能够采用科学方法及现代工具对实验数据和实验现象进行分析	20
	试验报告内容全面, 通过分析能得到合理有效的结论	20

总成绩按优秀 (90 ~ 100 分)、良好 (80 ~ 89 分)、中等 (70 ~ 79 分)、及格 (60 ~ 69 分) 和不及格 (<60 分) 五个等级进行评定。

4.3 质量监控体系与反馈机制

为了保证课程培养目标和毕业要求的达成,为持续改进提供依据,建立了实验教学各教学环节的过程监控和质量评价机制,质量要求的要点包括:(1)所有实验课程都必须按照课程教学大纲填写教学日历,在开学后第一周内提交教研室和学院审批,作为教学进程督查的依据;(2)实验指导老师必须了解所教专业的培养目标和所授课程的教学大纲,紧扣课程支撑的毕业要求指标点,实施规定的教学内容,完成课程目标;(3)应选用或编写符合教学大纲要求的实验指导书和实验教材;(4)基础力学实验中心必须加强实验课管理,认真落实指导教师和设备、仪器,保证实验按时开出;(5)实验指导教师和工作人员应对学生进行实验规章制度的教育,严格要求学生遵守安全操作规程;(6)实验开始前应做好实验环境准备、实验仪器准备、实验耗材准备;(7)实验指导教师对每个实验项目进行验收,及时、认真批改学生的实验报告,并对实验课程进行考核和成绩评定;(8)做好课程达成度分析及毕业要求指标达成度评价。

各环节的考核责任者由教学院长、教学督导、实验中心主任、实验指导老师承担,通过各环节的考核,形成的记录文档包括:(1)教学督导听课记录;(2)领导及同行听课记录;(3)学生网上评教得分汇总;(4)实验报告;(5)实验成绩单;(6)课程达成度分析表。根据教学评价情况,及时与实验指导教师进行交流和反馈,对实验教学中的问题进行督促改进。

5 结语

上述基础力学实验教学内容自2018级土木工程专业培养方案中开始实施,经过2轮的教学实践,从教学效果看,该教学体系可有效提高学生对基础力学基本理论和基本方法的掌握,课程达成度情况较好,学生对试验课程的兴趣明显增加,参与热情提高,参与各级别大学生创新项目的人数逐年提高,所申报的创新课题中,力学方向的选题所占比例较以往也有明显提升。在第二届江苏省力学创新创意大赛中,我院土木专业学生与18所高校31支代表队同场竞技中,获力学趣味制作竞赛特等奖1项、一等奖1项,获力学微文比赛一等奖和二等奖各1项,获力学知识竞答比赛二等奖1项。在目前正在进行的第三届江苏省力学创新创意大赛中,本专业学生提交力学创新制作竞赛作品6项,力学科普微文竞赛作品6项,力学文化创意竞赛作品1项。相比于往届,学生提交的作品数量逐步增加,并有望取得更好的比赛成绩。

多层次的基础力学实验教学体系改变了传统的以验证性实验为主的教学内容和模式,通过提高型实验的开展,使学生真正理解、消化、吸收并能熟练运用所学力学理论,同时通过学生自主设计创新型实验,有效培养了学生的创新精神和解决复杂工程问题的能力。

基金项目

教育部产学研合作协同育人项目“基于工程教育认证理念的基础力学实验教学体系建设”(201802104020)。

参考文献

- [1] 王瑾, 史厚强. 基础力学实验教学研究与实践[J]. 实验技术与管理, 2007(10): 367-368+374.
- [2] 武鹤, 杨扬, 孙绪杰, 等. 工程教育认证背景下土木工程专业人才培养模式研究与实践[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(1): 35-41.
- [3] 董钢. 基于工程能力导向的基础力学实验教学[J]. 中国冶金教育, 2018(6): 72-73+76.
- [4] 黄兴, 张东升, 张俊乾. 基础力学实验教学改革及其管理体系建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(4): 214-216.
- [5] 曾鸣, 邓嵘, 王钰文. 以学生为主体的启发式材料力学实验课程改革[J]. 大学教育, 2017(3): 31-32.

Teaching Reform of Basic Mechanics Experiments under the Background of Engineering Education Certification

Wan Zeqing* Tao Yang Wu Zhengguang

College of Civil Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou

Abstract: Basic mechanics experimental teaching is an important factor for training undergraduate talents in civil engineering. Based on the idea of engineering education certification, the teaching reform of basic mechanics experimental courses was carried out. Analyzing the problems that exist in the traditional experimental teaching at present, a student-centered multi-level experimental teaching system of basic mechanics was proposed. The experimental procedures of elevated experiment were introduced by using an example. Then the teaching assessment and quality control system under the model of professional certification were discussed. The teaching practice has shown that the multi-level experimental teaching system of basic mechanics can cultivate the students' spirit of teamwork and innovation, and enhance the ability to solve complex engineering problems.

Key words: Engineering education certification; Civil engineering major; Basic mechanics experimental system; Teaching reform