

OBE理念下基于结构设计竞赛对大学生综合能力培养探索

李 扬, 彭若兰, 张 晋, 余佳力, 苏 骏

湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年10月15日; 录用日期: 2024年12月11日; 发布日期: 2024年12月20日

摘 要

针对目前大学生结构设计竞赛对学生创新能力培养效果不显著的问题, 依托产出导向(OBE)的教学设计理念, 依据建构主义学习理论, 提出通过竞赛对学生从专业素质培养向创新能力拓展的递进式教学目标。据此在学校范围内开展“结构设计竞赛短学期实践教学”, 通过在活动中设置“材料性能分析”、“有限元建模仿真”、“模型手工制作”以及“结构加载试验”等多个环节, 并制定针对学生在每项环节的引导方案以及评价机制, 实现学生在资料收集整理能力、试验测试能力、数据分析能力、数值仿真能力以及手工制作能力的提高, 最终实现学生科学思维能力和创新精神的培养。

关键词

OBE, 结构设计竞赛, 实践能力, 创新能力

Research on Practice Ability Development in College Students' Structure Design Competition Based on OBE

Yang Li, Ruolan Peng, Jin Zhang, Jiali Yu, Jun Su

School of Civil Engineering and Construction and Environment, Hubei University of Technology, Wuhan Hubei

Received: Oct. 15th, 2024; accepted: Dec. 11th, 2024; published: Dec. 20th, 2024

Abstract

Considering that the effect on students' creative abilities training by current college students' structure design competition is not significant, based on the instructional design idea with combination of the outcome-based education (OBE), as well as constructivist learning theory, the progressive

文章引用: 李扬, 彭若兰, 张晋, 余佳力, 苏骏. OBE 理念下基于结构设计竞赛对大学生综合能力培养探索[J]. 创新教育研究, 2024, 12(12): 429-436. DOI: 10.12677/ces.2024.1212912

concept of students' professional skills improvement and creative ability development was put forward. Based on this new concept, one teaching practice activity on structure design competition in short semester was carried out. During this process, reasonable guidance and evaluation scheme about students' action and performance were put forward in several working steps, including material property analysis, simulation with finite element software, model making by hand, and structure loading test. From this, activity students' data collection and analysis ability, test ability, and operational ability etc. were improved significantly, finally students' scientific analysis capacity and innovation spirit were developed.

Keywords

OBE, Structure Design Competition, Practice Ability, Innovation Ability

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大学生结构设计竞赛是一项极富创新意识和挑战意识的科技竞赛，其极大调动了学生学习的积极性[1]。作为教育部确定的全国九个大学生的学科竞赛之一，该赛事对培养土建类学生的创新设计与工程实践能力有着重要意义[2]。在高等教育质量成为当前世界性问题的背景下，大学生结构设计竞赛无疑可以为土木工程领域高等教育质量的提升起到积极作用[3]。特别是在快速变化的现代社会中，创新能力是推动科技进步和产业升级的关键因素。围绕该类竞赛开展研究，以期助力学生运用所学专业知识和创造性地提出解决方案，从而极大地锻炼了学生的创新思维和问题解决能力，为培养未来的工程师和科学家奠定坚实的基础，对社会进步和行业发展具有重要意义和价值！然而，许多高校在组织指导学生参与此类竞赛过程中，仍存在一些不足之处，影响竞赛积极作用的发挥。具体体现在：第一，部分高校为了尽快“提升”其在校际竞赛中的影响力，将指导精力主要放在参加“校际竞赛”的少数学生身上。对于其他学生则是在参加“校际竞赛”选拔阶段进行走马观花式的指导，使得此竞赛在高校中的普及效果打了折扣[4]。第二，针对参赛学生，教师又往往存在过度指导的问题。使得结构设计竞赛变成实现教师设计思路的过程，学生则被引导将精力放在模型的具体手工制作上，失去了主动思考和钻研的积极性，不利于其自主创新能力的培养[5]。鉴于此，有必要对大学生结构设计竞赛对学生创新能力培养模型进行研究和改进。结合目前的大学生结构设计竞赛模式，基于产出导向(OBE)的教学设计理念，开展从专业素质培养向创新能力拓展的递进式教学目标设计，并依托湖北工业大学开展的“短学期实践”的平台，通过对大学生开展结构设计竞赛实践教学研究，探索出一套能在更广泛学生中开展的，且在模型设计和试验中培养学生创新综合能力的切实有效的实施方案。通过此次教研课题取得了不错的成效和较为丰富的经验，供国内同行参考和借鉴。

2. 结构设计竞赛对学生能力提升

OBE 强调基于实现学生特定学习产出的教育过程，以产出为导向的 OBE 理念对工科专业学生的要求除了分析和解决问题的能力外，还特别强调了建模、仿真和项目团队管理等能力[6]。同时，依据建构主义学习理论，在结构设计竞赛集训中，学生不再是被动的知识接受者，而是积极的参与者。他们通过团队合作，共同探索、设计、制作和测试结构模型，从而主动建构起对结构设计的理解和技能。这一过

程不仅加深了学生对专业知识的理解，还培养了他们的创新思维和实践能力。据此，笔者将结构设计竞赛对学生能力的要求系统地分为基本素养提升和创新能力拓展两个层次。下面分别加以论述。

2.1. 基本专业素质培养

(1) 专业资料的整理和应用。大学生结构设计竞赛包含了理论力学、材料力学、结构力学、结构动力学以及空气动力学等在内的多个学科。在给定的题目范围内，学生需要基于所收集到的资料，掌握拟设计结构的受力特点，了解相关制作材料的力学性能，由此确定最佳的结构形式并完成构件的截面尺寸设计。

(2) 熟练的软件运用。专业知识为结构设计提供了理论基础，但结构分析过程更多是在计算机上得以实现[7]。计算机可以大大减少人为工作量，并模拟出很多人工难以实现的情景。从最基本的 EXCEL、力学求解器，到可以实现有限元分析的 SAP2000、ANSYS 等，能够熟练使用软件的能力，对于结构分析和数据统计都必不可少。

(3) 细致的手工制作。结构分析与计算的最终目的都是为了实际模型的建立。能否制作出与理论分析相符的结构模型，细致的动手操作能力至关重要，无论是简单的杆件连接，还是复杂的截面粘合，手工精致与否都直接体现在最后的实验效果中，很多巧妙的理论构思都是因为实际制作的失误而无法体现其价值。

(4) 结构试验及检测能力。对实体结构模型开展加载试验，是检验其力学性能的最直接标准。在完成模型制作后，学生需要对结构开展测试，这涉及到应变片、位移传感器等的布置，相关检测仪器设备的操作，以及后期数据的处理分析等。

2.2. 创新能力拓展

(1) 资料数据与试验数据的比较研究。针对同样材料不同机构给出的资料数据，由于不同机构采用的方法有所差异，导致相应数据也存在差异。同样，学生自身开展的试验数据与文献资料数据也存在差异。可通过引导学生对相应的资料数据与试验数据开展比较研究，找出引起数据差异的原因，并对各自数据的适用性和合理性进行分析。由此提升学生的数据分析能力和理论研究能力。

(2) 有限元理论研究。许多有限元分析结果与实际情况差异巨大，究其原因是在有限元计算中许多的假定以及所采用的材料参数等与实际情况不符。通过引导学生对相应计算假定以及材料参数设置的合理性进行探讨，辅助学生了解有限元分析的基本理论，为部分学生后期深入学习有限元知识提供启发。

(3) 模型制作工艺研发。模型的制作过程同样蕴含着许多可深入研究乃至创新的内容。在这一环节指导教师应积极引导和提倡学生在学习和积累已有模型制作方法的基础上，对于模型有关连接节点及杆件等方面提出新的“施工工艺”，从而整体提高结构模型设计的效率，增加结构的稳定性和承载力。这可为学生后期开展实际结构的施工技术研发开拓思路。

(4) 加载测试方法研发。由于结构的形式种类多样，比如桁架结构，索结构，膜结构等等，加之应变片的数量有限，学生需要制定适宜的结构性能检测方案。这就要求学生事先对结构构件的受力情况进行总体分析，找出其中受力最不利的位置，并开展测试。后期还应引导学生将实际加载结果与前期有限元仿真结果进行对比，并分析两者存在差异的原因。这一环节可为学生后期开展实际结构检测分析以及结构优化设计提供借鉴。

综上所述，创新能力培养需要在基本专业素质培养的基础上，通过对培养模式的深入调整，对培养目标的科学提升加以实现。想要通过结构设计竞赛，真正实现学生创新能力的拓展，仅仅按照竞赛要求指导学生完成模型设计和制作是远远不够的，还需要在竞赛指导教学实践中对培养方案进行周密的部署

和设计。下面将依托学校组织的“结构设计竞赛短学期实践活动”平台，对大学生结构设计竞赛创新项目培养模式和方案进行深入探讨。

3. 大学生结构设计竞赛短学期实践项目设计

3.1. 活动简介

大学生研究性学习和创新性实验计划项目是国家高等教育改革与大学本科教学质量提高的重要举措，是进一步提高本科教育质量和大学生综合素质培养的重要手段[8]。为此，湖北工业大学自2015年开始实施“短学期制”，旨在通过鼓励学生参与各种科研实践项目，培养学生创新精神与实践能力，提高学生发现问题、分析问题、解决问题、交流沟通等能力。为强化大学生结构设计竞赛活动对学生创新能力的作用和效果，特在校内组织“大学生结构设计竞赛短学期实践项目”。

此次实践采用“结构设计竞赛集训”的模式，通过聚焦工程建设热点，确立“框架结构模型设计与拟静力加载试验”主题，要求学生以3到4人为一组，在为期两周的时间里，以竹皮为主材合作开展框架结构模型的设计和制作，后期通过对结构模型进行拟静力加载试验，实现对模型抗震性能的优化设计。根据最终结构模型加载测试结果和平时多个环节的表现，对学生的短学期实践成绩进行评定，并评选出优秀团队。此次冬令营共招收了144位大学生，这批学生已经基本完成了结构力学等专业课程的学习，但他们绝大多数并没有相关结构设计竞赛参赛经历。

3.2. 环节设置及引导评价机制

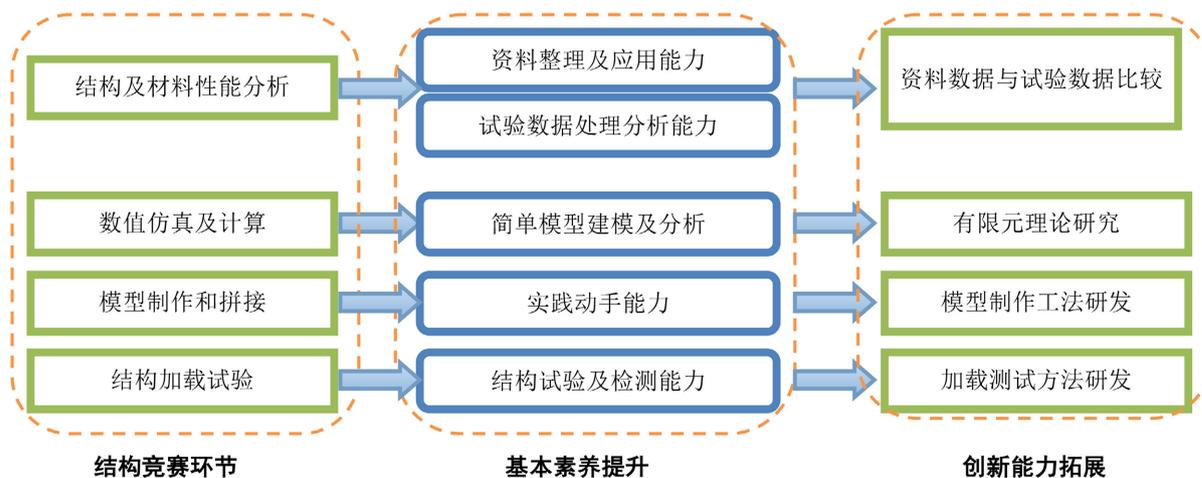


Figure 1. Program for cultivating and enhancing students' abilities based on structural design competition model
图 1. 基于结构设计竞赛模式的学生能力培养及提升方案

为配合此次教研项目，结合 OBE 教学设计理念，特将此次结构设计竞赛集训过程分为如下 4 个环节：(1) 结构及材料性能分析；(2) 数值仿真计算；(3) 模型整体制作和拼接；(4) 结构加载试验。学生需要亲自参与和完成上述每个环节，期间指导教师会全力提供所需的工作条件，包括实验室，力学性能测试系统，以及力学性能分析软件等等。在此期间，老师会对学生各环节的工作进行方法引导，但不直接参与具体模型方案的制定。同时，考虑到教师对学生学习表现的评价，将会对学生的状态乃至学习动机产生至关重要的影响[9]。并通过人才培养过程中的及时评价修正和调整从而确保人才培养的针对性和实效性[10]。针对以往此类竞赛中师生主要重视模型最终能否加载成功，却忽略了前期资料的收集和结构的计算分析的情况。在此次实践活动中，采取分阶段评分制度，学生需要做好自己模型的设计计划，

并完成工作日志定期上传到“校友邦”网络平台上。老师通过定期前往模型制作教室了解学生实际模型设计制作情况，并结合“校友邦”平台上学生的阶段工作成果汇报，掌握学生的工作进度，并进行相应环节打分。由此使学生不仅在模型的制作和加载方面投入精力，还使其重视起资料收集，数值仿真等环节的具体工作，实现对学生综合能力的训练。

下面绘出基于结构设计竞赛模式的学生能力培养及提升方案图，见图1。由此将学生所学理论知识与实践的每一环节密切联系，以锻炼和拓展学生的资料收集整理能力、试验测试能力、数据分析能力、数值仿真能力以及手工制作能力等，以期最终达到学生科学思维能力和创新精神的培养目标。

4. 指导过程及学生能力培养效果

4.1. 资料整理收集及处理指导

要制作结构模型，需要首先掌握所采用材料的力学性能。本次实践活动中，围绕这一环节，指导教师要求学生从以下两个方面着手获取有关竹材的材料性能数据。第一，通过网络资源，搜集以往有关竹材及竹材制作试件力学性能方面的文章资料；第二，通过实际加载试验，对拟制作的结构模型试件进行力学性能分析。

这一环节中教师的指导方法是：指导学生利用现有网络资源和搜索引擎收集所需要的数据资料，提供实验室平台资源，教会学生使用力学加载设备开展基本的力学试验，并教会学生进行相应试验数据的处理和分析。

学生在这一环节充分发挥其主观能动性，通过网络收集到大量有价值的文献资料，有些甚至连指导老师也未曾收集到。在试验加载过程中，有部分学生将实际加载结果与有关文献资料给出的试验结果进行对比，并对数据结果的差异进行了分析。由此表明在这一环节通过教师合理的引导，学生的资料收集能力、试验操作能力以及数据的处理和分析能力都可以得到有效的锻炼和提高！这些能力的掌握不仅为其后续开展结构模型设计及优化打下基础，而且对学生日后在本领域的进一步深入学习乃至工作都具有极其重要的作用！图2为学生在实验室对竹材试件进行加载并记录数据。



Figure 2. Bamboo specimens being loaded and data recorded by students

图2. 学生对竹材试件进行加载并记录数据

4.2. 数值仿真及计算过程指导

数值仿真和模拟是开展结构设计和优化的重要手段之一。本次实践教学活动中，指导教师就此对学生提出了两点要求：第一，利用已经掌握的分析软件，比如结构力学求解器等对结构进行简单的二维建模及分析；第二，着手学习 SAP 2000 以及 ANSYS 等三维有限元软件，利用这些软件开展有关模型的三维建模及分析。

这一环节中教师的主要工作是：为学生提供结构力学求解器、SAP2000 以及 ANSYS 等软件资源，教会学生使用这些软件进行简单的结构力学仿真分析。在以往开展结构设计竞赛指导时，针对建模环节，许多指导老师对学生的软件学习能力信心不足，甚至为了取得好成绩有些老师会代替学生完成仿真工作。其实针对结构设计竞赛中的模型，通常其形式并不复杂，通过教师点拨，让学生掌握基本的软件操作功能并完成简单的建模和加载分析并非难事。作为大二或大三的学生，由于其对于有限元理论以及数值计算方法自然知之甚少。因此对他们讲授大型有限元软件时，避开较为繁琐的理论知识，转而将重点放在结构建模和加载等功能的实现上。待学生能熟练完成简单模型的建模和分析后，再求深入引导，让学生保持对软件学习的兴趣和信心！

此次实践活动中，有许多学生大胆尝试学习 SAP2000 软件，并在短时间内掌握了基本建模和分析功能，完成了预定模型的建立及加载分析。通过对多个理论模型进行力学分析，确定了其中最优的结构选型。虽然模型的难度不大，但为参与学生日后开展更为复杂深入的有限元建模学习与实践打下了一定的基础。图 3 为某组大三学生利用 SAP2000 软件建立的多层建筑结构模型。

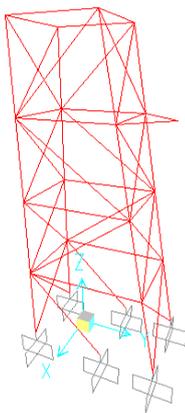


Figure 3. Structural model of a multi-story building built by students using SAP2000
图 3. 学生利用 SAP2000 建立的多层建筑结构模型

4.3. 结构模型制作和拼接指导

这一环节，指导老师请前几届参加过正式比赛的学生对新选手进行指导。通过该过程，使得参赛选手的动手实践能力在短期内快速提高，针对当前大学环境中“重理论，轻实践”的培养模式，该环节对提高大学生的动手实践能力显得至关重要，图 4 为学生开展模型制作。



Figure 4. Model being made by students
图 4. 学生制作模型

此次实践活动中，有学生尝试在竹材构件连接节点部位引入了“钢结构节点板”的概念，并付诸实践，经过不断的尝试最终取得了成功。还有学生通过总结有关竹材模型的制作资料，完成《竹质模型制作工艺与节点连接工艺探究》论文并公开发表，该论文还被评为“湖北省大学生创新论坛二等奖”！

4.4. 结构模型加载试验及优化设计指导

此次实践环节，指导教师引导学生在模型加载试验中采用位移计、应变箱等设备进行数据采集和分析。这一阶段，学生熟练掌握了有关位移计的安放方法、应变片的粘贴方法以及应变采集系统的使用，实现学生对结构检测有了初步的认识。通过借用这些工具并结合《材料力学》和《结构力学》的有关知识，完成对结构模型受力性能的分析，结合分析结果对结构构件进行优化设计。由于应变片的数量有限，学生需要事先对结构构件的受力情况进行总体分析，找出其中受力最不利的位置，并开展检测。有部分学生还将实际加载结果与前期有限元仿真结果进行对比，并分析两者存在差异的原因。该环节将实际加载与理论分析相结合，极大程度提高了学生的结构试验能力及检测分析能力。图 5 为学生开展竹制模型加载试验并进行应变测试。



Figure 5. Model mechanical property tests
图 5. 开展模型力学性能测试

5. 课题研究总结

相比传统大学生结构竞赛的准备模式，在此次结构设计竞赛实践教学活动中，参与实践学生的人数更多，且参与程度更全面、系统和深入。通过对结构设计竞赛的各项准备环节进行精心设计和引导，实现学生专业知识综合应用能力的培养和提升。在此基础上，学生带着不同的感兴趣的研究目标，可以实现更为深入的理论研究和创新。

作为创新人才培养模式之一，基于 OBE 的大学生结构设计竞赛短学期实践教学是一种新的人才培养模式改革思路。不仅有效激发学生广泛参与实践的热情，实现学生综合能力的提高，还能带动高校结构设计竞赛水平向更高的水平跨越！相信随着教研活动的不断深入，结构设计竞赛冬令营的举办模式还将趋于丰富和完善，并成为短学期实践教育的一项特色，为强化实践育人，全面提高人才培养质量做出更加突出的贡献！

基金项目

湖北省教育厅教学研究资助项目“基于认知行为理论的土木工程专业课程思政创新探索与实践研究”

(省 2023305)。

参考文献

- [1] 苗吉, 徐雷, 刘春燕, 赵楠. 构建结构设计竞赛平台, 培养土建类创新人才[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 2007, 26(4): 121-124.
- [2] 周臻, 童小东, 尹凌峰. 依托结构竞赛构建开放式创新研学平台[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(6): 129-132.
- [3] 潘懋元, 陈春梅. 高等教育质量建设的理论设计[J]. 高等教育研究, 2016, 37(3): 1-5.
- [4] 陈庆军, 罗嘉濠, 季静, 李顺辉, 陈玉薇. 结合大学生结构设计竞赛的学生课外研究项目探索[J]. 中国建设教育, 2015(1): 102-105.
- [5] 贾传果, 张川, 李英民, 杨溥, 胡鹰, 韩军. 结构设计竞赛对土木工程专业本科教育重要性的探讨[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(1): 133-135.
- [6] 周春月, 刘颖, 姚东伟, 马宇光, 孟庆辉. OBE 理念下的本科生毕业实习创新模式研究[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(10): 19-22.
- [7] 许昊, 徐龙军, 李洋, 翟长海. 大学生结构设计竞赛中创新能力的培养与发挥[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(5): 121-124.
- [8] 李明涛, 廖宛玲, 张唯. 大学生研究性学习和创新性实验计划项目的实施现状问题及对策建议[J]. 高等教育研究, 2016, 23(1): 63-68.
- [9] Darling-Hammond, L. (2014) Teacher Evaluation as Part of a Comprehensive System for Teaching and Learning. *American Education*, **38**, 4-13.
- [10] 杨晓慧. 我国高校创业教育与创新型人才培养研究[J]. 中国高教研究, 2015(1): 39-44.