

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.05.012

欢迎按以下格式引用: 乔朋, 李悦, 马乾瑛. 大学生结构设计竞赛对结构力学课程教学的启示[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(5): 74-79.

大学生结构设计竞赛 对结构力学课程教学的启示

乔朋, 李悦, 马乾瑛

(长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061)

摘要: 中国高校“双一流”建设的核心是一流本科教学。一流本科教学要实现一流人才的培养目标, 在课程教学中应强化“学生为本”的教学理念。通过引导大学生积极参加结构设计竞赛, 培养学生解决问题的能力、创新能力、动手能力和团队协作能力等, 全面提升学生综合应用专业知识的能力。参考结构设计大赛的良好效果, 建议在结构力学课程教学中增加定性结构力学内容, 加强实践教学环节和采用探究性学习方式, 可弥补传统课堂教学对学生知识应用训练方面的不足。

关键词: 结构力学; 课程教学改革; 结构设计竞赛; 能力培养

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2019)05-0074-06

在国家高等学校“双一流”建设方案和高等教育综合改革的引领下, 中国高等教育进入内涵式发展的新时代。“一流大学”“一流学科”建设应该以“一流学院”“一流专业”的建设为基础, 以“一流人才”的培养为目标。只有把教师、学生以及课程与教学方法放在专业平台上进行整合, 把专业基础建设得更扎实, 把一流本科真正办好了, 才能实现一流人才的培养目标。一流大学、一流专业建设的核心就是一流本科和一流本科教学, 一流大学、一流专业必须要有一流的教学作支撑^[1-3]。新时代的高等教育要求课堂教学不仅应采用多媒体、慕课、微课等信息化新技术, 而且应树立“学生为本”的教学理念, 以人才培养目标为依据调整教学方案、教学内容及教学评价方式。

以土木工程专业为例, 人才培养目标要求学生能够运用基础和专业知识和专业知识解决实际复杂的工程问题。传统课堂教学模式, 有利于学生掌握基本理论和专业知识, 但要培养学生的分析能力和解决具体问题的能力, 必须强化课程设计、工地实习等实践环节。为增强学生的实践能力和创新能力, 国家各学科指导委员会和专业协会组织开展了一系列大学生科技竞赛。其中, 教育部、住房和城乡建设

修回日期: 2018-06-04

基金项目: 长安大学中央高校“双一流”引导专项项目(300104292804); 陕西省“一流专业”建设项目(0012-310628170110); 陕西省“一流专业”培育项目(0012-310628170124); 陕西高等教育教学改革研究项目(17BZ018)

作者简介: 乔朋(1982—), 男, 长安大学建筑工程学院副教授, 博士, 主要从事钢混组合结构研究及结构力学教学工作, (E-mail) qiaopeng@chd.edu.cn。

建设部与中国土木工程学会联合主办的大学生结构设计竞赛就是一项极富创新性和挑战性的竞赛活动。2005年以来,全国大学生结构设计竞赛已举办了十二届。竞赛要求学生在规定时间内,按照赛题要求的结构形式、结构尺寸和荷载作用方式,利用给定的材料制作最优的结构模型,完成结构模型的设计、制作、试验等任务,并提交完整的理论计算书和详细的方案说明。整个参赛过程,既能激发学生的求知欲望,又可锻炼学生的动手能力。多年的实践表明,大学生结构设计竞赛可以全面考查和提升学生综合运用土木工程专业理论知识解决实际问题的能力。本文结合第十一届全国大学生结构设计竞赛的具体赛题和学生完成情况,探讨结构设计竞赛对提高学生综合能力的作用,为结构力学课程教学的改革提供借鉴。

一、赛题背景及要求

中国是一个水资源短缺且水资源时空分布不均匀的国家。总体来看,时间上,夏秋多、冬春少;空间上,南方多、北方少。在这种情况下,积极建设输水工程,是合理利用水资源的重要手段。在地形复杂的地区修建输水工程,渡槽是一种常见的结构(图1),它可以有效减小地形对输水的限制。第十一届全国大学生结构设计竞赛以渡槽支承系统结构为背景,要求通过制作渡槽支承系统结构模型,并进行输水加载试验,探讨输水时渡槽支承系统结构的受力特点、设计优化、施工技术等问题。

赛题任务是完成图2中支承系统结构设计、制作和加载,保证顺利完成输水、排水。输水装置和承台的具体尺寸、模型加载和材料的具体要求可查看《第十一届全国大学生结构设计竞赛题目》。



图1 渡槽结构

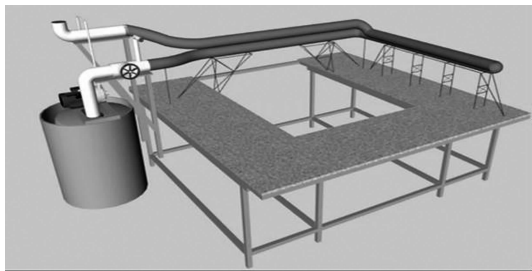


图2 渡槽模型主体结构示意图

二、竞赛对学生能力的培养

(一) 赛题分析

由于每届结构设计竞赛的赛题都不同,在模型制作之前,应首先反复阅读赛题,准确理解赛题的关键内容和设计要点,找到赛题的难点和突破口,才能有一个合理和先进的概念设计。此次竞赛赛题中,有效模型质量依旧是一个重要评分指标,同时增加了排水效率。这就要求模型结构不仅要满足承载力的要求,还必须使结构有足够的刚度以保证排水效率,避免因结构变形过大导致水无法排出。此外,模型结构除在承台板上的支承部分(岸跨结构)外,还需要设计一个净跨径不小于1m大跨结构(江跨结构),这两部分结构应根据所给条件和要求分别进行设计。

赛题分析需要具有广博的专业理论知识和较丰富的结构设计大赛经验,通常需要在指导教师

的点拨和指导下进行。学生一方面要根据已掌握的相关知识准确理解赛题的关键点;另一方面要通过查阅相关文献了解渡槽结构的受力特点和设计要点。在赛题分析环节,应充分激发学生面对新问题时想要解决问题的欲望,这样才能调动学生学习的自主性和积极性。

(二) 结构选型

在建筑结构中,结构的概念设计是指在建筑设计和施工之前,从经济、合理、实用、美观的角度选定结构的体系,是宏观角度上对结构的控制。在设计模型之前,也应进行模型结构的概念设计。其主要任务是在了解赛题规定的周围附属构造、使用功能以及材料性能的前提下,确定结构的主要承重体系、附属结构体系和连接方式等,并考虑构件支座、安装和加载的可实施性。竞赛所用材料一般与实际的建筑材料有差异,但在结构设计原理和破坏形式方面却是相同的。只有充分认识材料和构件的力学性能,才能设计较优的结构模型。材料的实际性能往往具有一定的离散性和不确定性,附加胶水后的性能还会发生变异。除参考赛题给出的弹模、强度等力学指标外,还应对所给材料的力学性能进行测试,以便做出合理设计。

此次竞赛设计的是渡槽支撑系统,实际工程中可采用梁式桥、斜拉桥、拱桥、桁架桥、吊桥等多种结构形式。在确定主体结构体系之前,必须明确各种结构形式的特点。通过结构力学课程的学习,学生已经掌握了结构内力和位移的计算方法,并初步了解了不同类型结构的受力特点。此外,通过查阅相关专业资料,结合指导教师参赛经验的介绍,学生基本掌握了各类结构的构造特点。桁架结构各杆件受力均以单向拉、压为主,通过对上下弦杆和腹杆的合理布置,可适应结构内部的弯矩和剪力分布。结构布置灵活,但杆件繁多会使整体质量偏重,节点受力复杂造成制作难度较大,手工水平要求高。拱结构是一种有水平推力的结构,上部承受荷载后,会在支座处产生较大的推力,结构可以将竖向荷载转化为结构的轴力,减小不必要的弯矩。但拱形结构在受力上没有充分发挥竹材的力学性能,不适合竞赛材料特点。斜拉结构属于拉压并存的组合结构体系,其主梁跨度较大,但标高较高,且以受压为主,也无法充分发挥竹皮的受拉性能;同时,斜拉结构整体柔度较大,排水效率较差。结合各类结构的优缺点,最终决定岸跨结构采用“多柱少梁”的结构形式,以受压的墩柱结构为主;江跨结构采用三角形桁架,并利用拉带约束水管动位移。设计时考虑充分利用水管刚度,岸跨结构利用少数横梁支承水管而不设置桥面板,江跨结构在跨中部分不设主梁,将进出水管绑扎成整体参与受力。主体结构示意图见图2。

结构选型能考查学生对结构力学、桥梁工程等课程中各种常见结构受力特点的掌握程度,以及根据竞赛的加载要求和材料性能进行合理比选的能力。通过结构选型,可培养学生定性分析的能力,有助于学生理解概念设计的重要性。

(三) 细部构造设计

在主体结构完成选型后,即可按照结构定性分析的结果初步选择各部位构件的材料、截面以及构件连接方式。结构的定性分析是指根据结构和荷载等特点对结构内力、变形的规律和趋势进行判断。在细部构造设计时,需要通过定性分析判断主要构件是以受弯、受拉还是受压为主。受弯或受压构件一般可选择木条或竹条粘贴成的箱形或圆形截面,受拉构件则选择腊线或竹皮拉带。从图2的主体示意图可知,模型岸跨结构主要为竖向承重的墩柱,应按受压构件设计,故选择常用的箱形截面。江跨结构的三角形桁架各杆件均为受压杆件,根据弯矩分布规律选择变截面的箱形截面。另外,在赛题分析时发现,竞赛题目规定不发生承载破坏的同时,需要满足一定的刚度要求。

为达到这个目标,需要通过理论计算和反复试验找到最优设计跨径。

细部构造设计往往需要结合试验加载。通过多次试验加载,学生发现结构可能出现柱的弯曲强度破坏、压杆稳定破坏、梁的弯曲强度破坏、支撑的弯曲强度破坏和节点破坏等几种破坏形式。在仔细分析试验模型结构受力特点的基础上,不断优化主要受力构件,减少不必要的支撑,才能达到充分发挥材料特性,使结构质量降到最低的目标。此外,由于节点往往应力集中明显、受力复杂,且易受制作工艺影响,其细部构造设计尤其重要。除了要求提高工艺的精细程度之外,还需在模型试验中观察模型的受力反应,分析节点的实际传力状态,依此判断节点是否接近设计要求,并根据试验结果进行调整。

在了解和掌握实际结构受力特点,以及竞赛对结构几何尺寸、构件材料要求的基础上,对实际结构进行创新性的设计改进,才能充分发挥材料的力学特性,达到竞赛的加载要求。在细部构造设计的过程中,需要学生通过网络、图书馆查阅文献,或与老师、学长讨论以获取相关知识,这非常有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。学生通过实际动手来制作模型,开展试加载试验,从中观察和分析模型破坏形态,在验证定性分析的基础上,在失败中不断对模型进行改进的一过程中,提高学生解决问题的能力 and 创新能力,培养学生的创新意识和动手能力。

(四) 理论计算

结构设计是一个逐步优化的过程,在结构形式和细部构造初步确定后,还需根据赛题要求、荷载作用方式等建立理论分析模型,并进行理论仿真计算,以明确结构体系的传力路径和杆件的受力特征,结合模型试加载不断优化构件截面形式,加强局部构造。通过理论计算,估算所设计模型结构的承载能力,并对各阶段的结构受力及破坏形式、位置等进行预测。在建立有限元仿真分析模型时,需要结合定性分析考虑结构不同位置杆件的受力特点,结合节点支座细部构造选择合适的单元、节点约束进行模拟。只有正确进行结构理论分析,才有助于选择最佳的结构体系、杆件线型和截面形式,确保结构在加载过程中满足各阶段的受力要求和变形等使用性能要求。

在理论计算过程中,一般需要使用 Midas、ANSYS 等有限元分析软件。建立有限元模型并完成电算后,还需要结合结构定性分析掌握结构各部分受力规律,对有限元计算结果的正确性和合理性进行判断。对于初步接触和使用有限元分析软件的本科生来说出现错误在所难免,建模过程中的查错纠错,有利于学生对实际结构分析计算简图重要性的理解,能有效帮助学生提高计算分析能力。

(五) 模型制作、安装与加载

大学生结构设计竞赛要求学生组成团队,共同完成模型的制作、安装和加载。制作模型相当于实际结构的施工过程,这是一个很关键的环节。制作工艺十分重要,模型细节的质量好坏直接决定加载的成败。千里之堤,溃于蚁穴。梁、柱、节点所有部位制作和安装的任何一个小小的失误,都有可能造成整个结构的破坏。此次竞赛要求模型制作时间累计不超过 18 小时,模型和输水管安装在承台板的时间不超过 25 分钟,模型与输水管连接的安装时间不超过 5 分钟,对加载过程中的加载、持荷和卸载也分别有一定要求。参赛学生必须要有团队合作意识,做到有计划、展特长、常沟通、重协作,才能顺利完成模型制作、安装和加载的整个过程。

一个好的模型作品往往需要组员在模型制作、安装及加载过程中各负其责,分工协作,全力投入。团队成员竞赛中共同工作,对培养学生的团队意识和协作能力有着十分重要的作用。

三、对结构力学课程教学的启示

从结构设计大赛的效果来看,在竞赛过程中,学生加深了对结构概念和结构设计的理解,提高了学生理论知识的运用与实践能力和解决问题的能力,培养了学生的动手能力和团队协作能力^[4]。这类竞赛活动可以全面考查和提升学生综合运用结构学科理论知识解决实际问题的能力,对于推进土木工程一流专业建设,实现人才培养目标有着重要的作用。同时,竞赛活动能激发学生学习的积极性和主动性,弥补传统教学方法的不足。此外,结构设计大赛也给本科教学改革提供了一些启示。以土木工程专业的结构力学课程为例,由于通常以计算类题目作为单一学习和考查方式,学生往往感觉课程枯燥、抽象、难学,学习效果往往不理想。在完成结构力学课程学习后,不少学生对简单结构的内力和变形依然无法准确理解,说明学生可能只是机械地记住了计算方法,并未真正理解结构的受力特点和规律。结合结构设计竞赛的效果,以及对参赛学生的问卷调查结果^[5-6],建议在结构力学课程教学中进行以下几个方面的尝试。

1. 增加定性结构力学或概念结构力学的内容

定性结构力学注重培养学生对结构受力规律与变形趋势的判断能力。通常,定性分析不需要进行繁冗的计算就可得到比较合理的结果,这样可以提高学生的学习兴趣,而且有助于培养学生的工程意识和直觉。

2. 加强实践教学环节

比如在课程教学中增加相应工程结构内容的参观实习,使学生更容易理解实际结构和理想结构之间的区别和简化原则。同时,对实际结构的计算分析可增强学生的成就感,从而提高学生学习的主动性和积极性。

3. 结合竞赛题目开展探究性学习

结合模型在加载过程中的现象,讲解结构力学课程中的问题,引导学生讨论改进结构受力性能的方法,既能强化学生分析问题、解决问题的能力,也能锻炼学生综合运用专业知识的能力。

四、结语

一流专业建设的核心是课程建设,课程建设的内涵是教学改革。要达到土木工程专业人才培养目标,课程教学必须适应新时代的发展要求和学生的需求。根据结构设计竞赛对学生综合能力培养的成效来看,在结构力学课程教学中应增加定性结构力学的内容,加强实践教学环节,鼓励采用探究性学习方法,这样才能弥补传统课堂教学在知识运用方面的不足,增加课程教学的趣味性,提升学生学习的主动性和自觉性,最终提高课程教学效果。

参考文献:

- [1] 吴岩. 一流本科 一流专业 一流人才. 中国大学教学[J]. 2017(11): 4-12.
- [2] 周光礼. “双一流”建设中的学术突破——论大学学科、专业、课程一体化建设[J]. 教育研究, 2016, 37(5): 72-76.
- [3] 程涛. 结构模型设计竞赛与土木工程专业教学改革[J]. 力学与实践, 2010, 32(6): 91-94.
- [4] 曲激婷, 陈廷国, 黄丽华, 等. 以结构设计竞赛促进结构力学教学改革的探索与实践[J]. 中国科教创新导刊, 2014(4): 62.
- [5] 武贤慧, 王步. 土木工程专业大学生工程意识培养研究——以结构设计竞赛为例[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(3): 24-28.

- [6]王步,武贤慧,黄小乐.基于学科竞赛的土木工程大学生力学课程知识应用能力评价[J].高等理科教育,2017(4):110-114.

Enlightenment of National Structure Design Competition for College Students to structural mechanics course teaching

QIAO Peng, LI Yue, MA Qianying

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

Abstract: The first-class undergraduate teaching is the core part of “Double World-class” construction in Chinese colleges and universities. In order to achieve the objectives of training “first-class talents” in first-class undergraduate education, the “student-oriented” education philosophy should be adopted in teaching. Through guiding students to participate actively in National Structure Design Competition, the students are trained to improve their abilities of problem solving, innovation, practicing and team-cooperation. Their ability to use professional knowledge comprehensively is also enhanced. Referring to some specific practices and good effects of structure design competition, three measures are suggested in teaching of structural mechanics, which are adding qualitative analysis content, strengthening practice teaching and adopting inquiry learning method. These measures can complement the deficiency of knowledge application training in traditional teaching.

Key words: structural mechanics; teaching reform; structure design competition; ability training

(责任编辑 王 宣)