

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.06.007

欢迎按以下格式引用:杨健彬,童兵,郑愚,等.以结构模型竞赛为例探讨土木工程专业学生创新能力的培养[J].高等建筑教育,2017,26(1):30-35.

以结构模型竞赛为例探讨土木工程专业学生创新能力的培养

杨健彬,童兵,郑愚,邓拓,孙璨

(东莞理工学院 建筑工程系,广东 东莞 523808)

摘要:从培养面向工程应用型人才的角度出发,对提高土木工程专业学生创新能力的途径进行探索,为此,组织开展了土木工程专业结构模型竞赛。文章系统地介绍了结构模型竞赛的比赛设计、结构模型设计及制作的主要过程、比赛结果及问题分析总结。通过这一创新活动,学生掌握了力学基本原理与分析方法、工程材料的基本性能和适用条件、结构构件的力学性能和计算原理,提高了实践能力。为促进应用型人才培养,竞赛引导学生运用专业知识进行主动创新,提高学生的创新能力和科研能力;同时,也使教师意识到重教学、重实践对应用型人才培养的重要性,积极思考学科发展的新方向。

关键词:土木工程;结构模型;竞赛;创新能力

中图分类号:TU-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2017)01-0030-06

土木工程专业结构模型设计大赛已成为培养学生创新能力、实践能力和竞争意识的一个新兴实践教学环节^[1-3]。一些著名高校有多年举办全校性结构设计大赛的传统。从培养面向工程应用型人才的角度出发,为提高土木工程专业学生的创新能力、实践能力,东莞理工学院以举办结构模型设计大赛的方式促进学生学思结合、学以致用。这也是学校每年定期举行的重要竞赛。

结构模型设计过程是熟练运用工程学科的基本理论知识和专业知识的过程,通过这一创新活动,学生能深刻理解和掌握力学基本原理与分析方法、工程材料的基本性能和适用条件、结构构件的力学性能和计算原理等^[4-6],提高专业学习的积极性和主动性,为今后从事结构设计、施工、管理及研究开发等实践性工作打下基础。同时,教师通过结构竞赛活动能意识到实践教学的重要性,也更加意识到实践教学对应用型人才培养的关键作用。

目前结构模型设计大赛中,模型主要受力构件的材料多为白卡纸、竹条、木条或塑料管,为达到预期效果,根据学校实际情况采用木条作为主要受力构件。组委会提供一定数量的木条、铁钉、螺丝、万能胶及工具箱,要求学生设计并制作一简支桥梁模型。竞赛所制作桥梁需同时满足承重及跨中挠度要求,不考虑桥梁在设计使用期的疲劳问题,只考虑强度和刚度问题^[7]。制作完成后进行称重、加载,按比赛规则得出各参赛队伍成绩及排名,并颁发奖项。特邀专业评委

收稿日期:2016-07-14

基金项目:东莞理工学院2015年度教育教学改革与研究项目

作者简介:杨健彬(1988-),男,东莞理工学院建筑工程系工程师,主要从事土木工程专业实践教学研究,
(E-mail) yangjb@dgut.edu.cn。

打分、点评及总结发言,以期教学效果达到最大化。

一、竞赛细则

(一) 竞赛要求

比赛要求学生设计并制作跨度为 1 800mm 的缩尺人行桁架天桥,模型总长度为 2 000mm,两端各留 100mm 搭接在加载支座,桥体宽度不超过 400mm,上承式桁架桥梁模型深度不超过 300mm,下承式桁架桥梁模型高度不设限制,详见图 1。

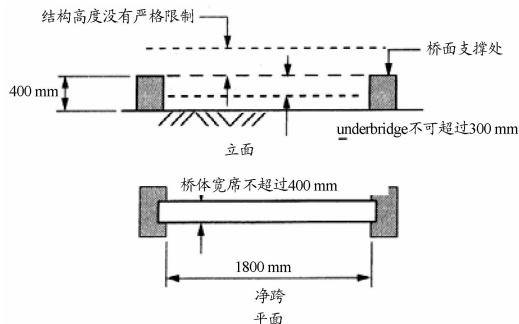


图 1 桥梁模型图

加载装置设置两个支座,距离 1 800mm。支座为模型提供竖向支承,不提供水平作用力和转动约束,支座高度为 400mm。

(二) 指导与监督

进行桥梁模型制作前,学生需进行结构选型及设计,并向指导教师提交一份设计报告。设计报告必须包括结构选型、力学计算、构件连接方法、施工方法及施工顺序的安排等内容,指导教师对设计及计算进

行审核并针对存在的问题提出修改意见或建议。模型制作在实验室中进行,学生自由选择空闲时间,并且可以借用实验室工具。在制作过程中,指导教师对学生的操作进行监督与指导,保证制作的规范,并避免在模型裁剪和装配过程中造成人身伤害及财产损失。

(三) 结构测试及评分

结构测试在实验室进行。学生需在模型上标记对应的组号,以便于评委教师和参赛学生辨认;工作人员提前使用电子秤对模型的自重进行测定,并做好记录。

在模型结构测试前进行答辩环节,学生对作品进行简短的介绍。评委教师对作品的建筑造型、结构方案、理论分析、制造工艺等进行提问,根据学生答辩表现和对作品的观察评分。为活跃现场气氛、提高学生的参与程度,在场所有学生均对建筑造型这一项进行评分。

测试步骤分两步:(1)将桥梁模型按规定要求放置于两个支承支座上,见图 1。该作品参赛组中的一位成员匀速步行通过桥梁模型,如桥梁发生破坏则该作品直接被淘汰。(2)工作人员对桥梁模型进行重力加载。模型采用砝码进行静力加载。加载直至破坏,以此获取结构的极限承载力。根据评分及计算标准,得出每组的最终成绩及排名,并颁发奖项,评分标准详见表 1。

表 1 结构模型创新设计考核内容和成绩评定

考核内容	考核点	满分
建筑造型	按构思新颖、外形美观、布局合理来评分(由在场学生和其他组参赛学生共同打分,以此增加学生的投入程度)	10 分
结构方案	按结构方案的合理性、实用性和创新性打分	15 分
理论分析	按图案与计算说明书的内容完整性、正确性和一致性评分	15 分
制造工艺	按模型制作的工艺评分	10 分
现场答辩	按现场介绍和答辩情况评分	5 分
试验加载	按承载力/重量评分	45 分

二、模型制作

(一) 材料选用

目前实际工程常用的结构材料有混凝土、钢材、砌体等。美国土木工程师协会土木工程竞赛中的混凝土轻舟和钢桥项目,所用材料为轻质混凝土和钢材,模型的设计、加工和制作与实践工程更为接近。但制作此类模型的经济及时间成本较高,较难在高校中普及。国内举办的各种级别的结构竞赛活动,一般模型尺寸很小,钢材、混凝土、砌体等常见建筑材料并不适用,多以便于手工制作的木片、竹片、有机玻璃、PVC 材料、硬卡纸或铝材灯作为模型制作材料,杆件之间采用胶水或白胶作为粘结剂^[8]。通过论证,本次

结构模型设计大赛采用木条作为桥梁的主要制作材料,铁钉、万能胶、木板及螺丝作为节点连接材料。竞赛所选桐木条容重轻、力学性能均匀,为较为合适的结构模型制作材料,相关力学性能详见表 2。

表 2 木条力学性能

拉伸弹性模量	压缩弹性模量	极限拉伸强度
10 000 MPa	100 MPa	30 MPa

参赛材料由组委会统一提供,包括:(1)4 根 2m 长截面尺寸为 30mm x 12mm 的木条;(2)22 根 1m 长截面尺寸为 30mm x 8mm 的木条;(3)8 根 1m 长截面尺寸为 30mm x 12mm 的木条;(4)6 块 150mm x

150mm 大小厚度为3mm 的木板;(5)螺丝、铁钉和万能胶作为构件连接;(6)工具箱(包括锤子、锯子、螺丝刀和卷尺等用品);(7)一块工作木板(约为900mm x 500mm 面积,30mm 厚度),以供学生用作操作平台对材料进行切割、钻孔及使用万能胶等。

(二)设计原则和理论计算

此次结构设计竞赛,参赛作品结构形式以上承式或下承式桁架桥为主。学生赛前可通过查阅专业教材、桥梁书籍、桥梁设计规范、网络信息等,激发设计灵感,进行结构选型论证,开展桥梁初步设计,并通过力学计算对结构进行优化,验算受力最不利位置作强化处理。竞赛过程中,小组成员通过讨论互相学习,遇到无法解决的专业问题请教指导教师,通过这样的学习过程,强化所学力学等专业知识,提升专业素养。

(三)制作过程(图2)

学生进行结构选型、设计、力学验算后,可以着

手开始模型的制作。首先,学生须对竞赛组委会所提供材料和工具进行一定的熟悉,并对用料进行恰当的选择及合理的规划,以便最大限度地利用所提供材料为作品服务。接着,学生根据设计方案对木条材料进行切割,完成后便可以对结构模型进行试组装,根据组装效果进行调整或重新切割木条材料。最后,对模型进行最终的拼装、固定及节点处理。节点处理是最为关键的一道工序,其制作质量及水平的高低将直接影响模型的整体性、极限承载能力和正常使用状态,进而影响到比赛的成绩。此次作品,节点处理较为理想的方式是同时利用铁钉铆接和万能胶粘贴加固,此处理方式在正式加载中表现出较为优越的稳定性和连接强度,不易在节点处发生破坏或失效。模型制作完成后,学生可对模型的承载力和稳定性进行简单的测试和评估。桥梁模型试通行后,对测试发现的问题进行整改,对模型进一步加固和完善。



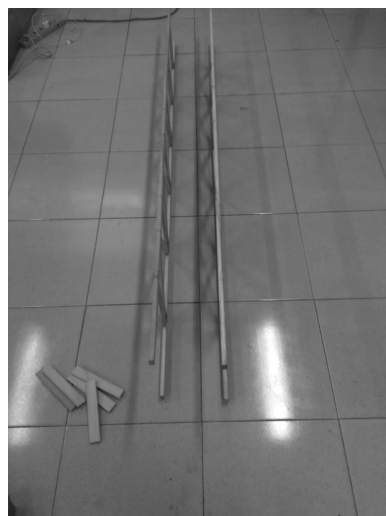
(a)模型切割、钻孔



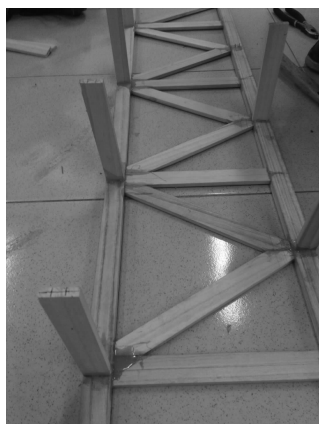
(b)节点铆钉



(c)节点处理



(d)试拼装



(e) 拼装、加固



(f) 模型完成

图2 模型制作过程

(四) 决赛(图3)

结构模型创新设计考核内容和成绩评定标准如下:模型除需满足造型、方案、工艺、理论计算等要求外,更为侧重桥梁模型的承载力和稳定性能,所用材料数量的多少也直接影响成绩的高低。决赛前抽签决定各队模型上场顺序,并对模型逐一进行称重,如表1,按“承载力”除以“质量”换算分数,模型满足轻质高强的原则,以引导学生积极思考,充分理解结构设计概念,优化结构设计,减轻模型自重,优先考虑较为经济、合理的结构选型。

加载环节开始前,先请每组学生代表从自行制

作的桥梁模型步行通过,如桥梁未发生破坏,进行后续加载工作,以此增加竞赛趣味性、互动性。

模型使用砝码进行静力加载直至破坏,单个砝码 20kg,即重力为 200kN。在桥梁模型跨中顶部按每级荷载 200kN 进行逐级加载,每次加载停留 5 秒,如模型发生破坏则加载结束,并记录极限承载力。

参赛作品中以节点破坏、失稳破坏、极限荷载破坏等破坏模式为主,而优秀作品更多地表现为节点破坏、极限荷载破坏,具有较高极限承载力、较好稳定性能。通过对比发现,具有较高承载能力、刚度性能的作品的结构选型更为合理,节点处理更为精细。



(a) 竞赛准备阶段评委观摩指导



(b) 答辩环节



(c) 参赛学生按规定从桥梁步行通过



(d) 模型加载过程



(e) 极限荷载破坏



(f) 失稳破坏

图3 竞赛过程

(五) 竞赛分析

此次结构模型竞赛,大部分作品均具有较为美观的外形,表现出质轻高强的特性,具有较高的承载能力,能满足刚度要求。部分作品因节点处理不当或制作工艺粗糙,造成作品发生节点断裂破坏;部分作品设计及制作过程重点考虑承载能力,而忽略稳定性要求,侧向未设置连杆,造成作品发生扭转失稳破坏;部分作品整体刚度较低,跨中挠度变形过大。从竞赛模型出现的问题可看出部分学生对结构力学课程中桁架设计部分知识仍存在掌握不牢固、结构概念不清晰、专业知识仍有待加强的问题。

结构模型竞赛是对土木工程专业学生理论力学、材料力学、结构力学专业课程关键力学知识的一次综合检验。学生在设计、制作及加载破坏环节充分学习、思考相关力学概念。加载过程的受力及破坏模式较为形象地展示出极限承载力破坏、失稳破坏、节点破坏等破坏过程及形态。学生身临其境,参与其中,并通过评委教师与参赛学生的问答环节、讨论环节,达到了与课堂、课件不一样的学习效果。

对于专业教师、学科负责人、培养方案的制定者而言,通过指导参赛队伍及过程中的师生交流,进一步了解学生对相关课程知识的掌握程度,从学生的角度发现学生学习专业课程知识的难点及重点,从学生参赛作品设计及竞赛加载破坏模式,总结出学生对结构设计概念的理解程度及薄弱环节,以便在课程教学及人才培养中进行针对性的加深讲解和强化训练。

三、结构模型竞赛对学生创新能力培养的促进

(一) 学科建设

举办土木工程专业结构模型竞赛能进一步完善教学培养体系、丰富教学手段和优化教学模式,提高本科生教学质量,促进学生全面发展,助推土木工程专业学科建设及发展。以结构模型竞赛为契机及载体,检验本科教学水平及质量,从中发现学生专业知识体系中的短板,并进行有针对性的教学改革,进一步提高教学水平,促进院系学科建设与发展。

此次结构模型竞赛,学生参与积极性较高。学生积极思考结构选型、设计计算、节点处理等关键理论和技术难题,查阅专业教材、文献,甚至超前学习相关知识并请教指导教师。由此可见,结构设计竞赛对调动学生学习积极性、巩固学生专业知识、提高学生技能、培养学生创新实践能力具有显著的积极效果。

(二) 师资队伍建设

以土木工程专业结构模型竞赛为载体,通过对

学生选拔考核、学生赛前指导教师遴选、赛前培训、竞赛等环节,调动专业教师尤其是青年专业教师对教学工作的热情,促进教学改革,逐步形成教师教学梯队和科研团队,进一步夯实青年专业教师的业务水平。

(三) 学生能力的提升

设立结构模型竞赛可以促进学生将所学的材料力学、理论力学、结构力学知识体系有效地串联起来,并且对结构设计形成初步认识。在竞赛中促使学生了解实验目的并对实验结果进行分析,考察学生对土木工程相关专业课程的掌握程度,培养学生分析问题和解决问题的能力、将所学理论知识运用到实际工程中的能力^[9-10]。同时,通过此次竞赛,为学校进行其他综合性实验及开展相关的科技活动奠定了良好的基础并且积累了丰富的经验。

开设这样的创新性试验课程能增加学生对学习结构专业知识的兴趣。在模型设计与制作、受力分析与计算、加载试验等过程中,激发学生对材料力学、理论力学、结构力学等课程的主动学习及思考,实现教师讲授为主转换为学生是实验的主体,达到“以练促学”的目的。

竞赛是极其艰苦和复杂的过程,参赛学生在反复多次的尝试、失败、改进中得到专业的锻炼,并树立面对障碍迎难而上的信心和决心,铸就坚毅的品格和必要的专业素质,激发了创新意识和培养了创新能力。

四、结语

文章通过对此次结构模型设计竞赛的设计理念和基本过程的介绍,阐述了竞赛对学科发展的积极意义以及对土木工程专业学生创新能力培养的作用。

传统理论力学、材料力学、结构力学等课程教学侧重于理论计算、受力传力的理解,无法对破坏模式有较为形象的阐述及展现。通过设立结构模型设计竞赛,突出加载破坏环节,学生能直观地观摩、理解节点破坏、失稳破坏、极限承载力状态等不同破坏模式的差异及相应的优化设计方法,对后续结构设计理论课程的学习打下了坚实的基础。

设立结构模型设计竞赛,让学生在参与过程中学习掌握力学基本原理与分析方法、工程材料的基本性能和适用条件、结构构件的力学性能和计算原理,把“学生枯燥的书本学习”转换为“学生灵活理解运用专业知识进行主动创新”。该活动使学生深刻认识并理解桥梁常见结构形式上承式桁架、下承

式桁架的结构力学基本原理及桁架发生承载力破坏、失稳破坏、节点破坏等不同破坏模式的原因及其设计加强措施。学生在设计、制作过程中,从结构设计初步选型到结构优化及制作环节,对结构力学概念及原理进行主动思考并进行创新创作,遇到困难主动寻求解决方法,克服阻力完成比赛,提高了实践能力、创新能力和科研能力。

相比课堂教学而言,结构竞赛活动能够提高学生对专业学习积极性和主动性,同时加深了学生对结构工作性能和专业知识的理解和认识。除此以外,教师队伍通过本次结构竞赛活动意识到实践教学的重要性,同时也更加意识到实践教学对应用型人才的关键作用。

参考文献:

- [1] 金伟良, 2005 第一届全国大学生结构设计竞赛作品选编 [M], 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [2] 戴洁. 结构设计大赛之桥梁模型设计[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2008(1): 42~43.
- [3] 顾凌赞, 殷怡, 徐燕, 刘宝兵. 全国大学生结构设计大赛研究与竞赛指导初探[J]. 中国电力教育, 2011(23): 131-132.
- [4] 程涛. 结构模型竞赛与土木工程应用型人才的培养[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(5): 133-139.
- [5] 吴勇明. 大学生结构模型设计竞赛若干问题的探讨[J], 建筑技术开发, 2007, 34(5): 22-24.
- [6] 袁剑波, 郑健龙. 普通本科院校应用型人才创新能力培养研究[J], 高等工程教育研究, 2008(2): 137-140.
- [7] 公路桥涵施工技术规范(JTJ 041—2000) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
- [8] 陈俊岭, 黄皇. 结构模型竞赛在土木工程专业大学生创新能力培养中的作用[J], 高等建筑教育, 2014, 23(2), 103-107.
- [9] 金凌志, 曹霞, 李豫华. 土木工程专业应用型人才培养探讨[J]. 高等建筑教育, 2008, 17(2): 16-18.
- [10] 杨晓华. 土木工程专业应用型人才培养模式研究初探[J]. 高等建筑教育, 2005, 14(4): 28-30.

Discussion on the training of civil engineering students' innovative ability by case study of the structural model competition

YANG Jianbin, TONG Bing, ZHENG Yu, DENG Tuo, SUN Can

(Department of Civil Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, P. R. China)

Abstract: To improve the application-oriented capability of undergraduate students in civil engineering, some exploration and practices of training innovative ability were carried out by organizing a structural model design competition. This paper presented a systematic introduction of the structural model design competition, including the competition design, main process of structural model design and manufacture, competition results and problem analysis. Through this competition, students deeply understood and mastered basic theory and analysis methods of mechanics, basic properties and applicable conditions of engineering materials, mechanical properties and calculation principles of structural members, and their innovation consciousness and scientific research ability were improved. To promote the training of applied talents, the competition guided students to initiative innovation through flexible use of professional knowledge to improve the innovation consciousness and scientific research ability. At the same time, teachers realized the importance of teaching and practice in the training of applied talents, and actively thought about new directions of discipline development.

Keywords: civil engineering; structural model; competition; innovative ability

(编辑 欧阳雪梅)