

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.02.017

欢迎按以下格式引用:旺敏玲,王化杰,钱宏亮,等.以结构设计大赛为平台的以赛促学教学模式研究[J].高等建筑教育,2024,33(2):123-129.

# 以结构设计大赛为平台的以赛促学 教学模式研究

旺敏玲<sup>1</sup>,王化杰<sup>1</sup>,钱宏亮<sup>1</sup>,陈德坤<sup>1</sup>,范峰<sup>2</sup>

(1.哈尔滨工业大学(威海)海洋工程学院,山东威海264209;2.哈尔滨工业大学土木工程学院,黑龙江哈尔滨150090)

**摘要:**大学生结构设计大赛是全国范围内土木工程领域参与度最广泛、专业性较强的赛事。为丰富土木工程专业学生的实践教学内容,提升学生创新意识、团队协作和工程实践能力,对土木工程专业以赛促学教学模式进行研究,论述以赛促学教学模式推广的可行性和优势,建立了清晰的以赛促学教学模式框架。同时,详细分析了各个教学环节的内容及要点,并对以赛促学教学方法进行了小范围的实践尝试,获得了较好的教学效果,表明以赛促学教学模式的可行性。其思路和成果可为类似教学模式实践提供参考。

**关键词:**结构设计大赛;以赛促学;土木工程;教学方法

**中图分类号:**G642.0;TU98

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2024)02-0123-07

目前,土木工程专业学生的培养模式以传统教学方式为主,学生理论知识与实践应用脱节,理论联系实际的能力较弱,且创新能力不足。调动学生的学习积极性,让学生更好地理解和运用专业知识,并提高学生的创新能力和实践能力,是当前教学工作的关键问题。

学科竞赛是大学生能力培养的有效载体,是对传统课堂教学、实验教学的重要补充。结构设计大赛是土木工程领域最重要、最能锻炼学生专业技能的比赛,是土木工程专业学生培养创新能力和实践能力的重要平台。学者对“赛学结合”教学模式,结构设计大赛对学生专业学习和成长的影响开展了系列研究。贾传果等<sup>[1]</sup>认为结构设计竞赛不仅提高了大学生的综合专业技能,还提高了大学生的创新能力、实践能力和协作能力,对培养创新型、实践型学生具有重要作用;Paya-Zaforteza<sup>[2]</sup>对中学生用意大利面条建造的桥梁模型荷载测试活动进行了研究,结果发现,通过举办这样的活动,极大地增强了学生的实践能力、参与热情和团队合作能力;陈志军等<sup>[3]</sup>对高等职业教育“学赛一体、研创融教”二元协同育人体系进行了探索;刘冰等<sup>[4]</sup>对地方高校“学训研赛”一体化人才培养模式的背景、理论依据、目标定位、核心要素以及保障条件进行了总结;钮鹏等<sup>[5]</sup>对以“结构设计竞赛”形式

修回日期:2021-12-21

基金项目:山东省研究生导师指导能力提升项目(SDYY18198);哈尔滨工业大学(威海)教研项目(BKJY201920)

作者简介:旺敏玲(1983—),女,哈尔滨工业大学(威海)海洋工程学院工程师,硕士,主要从事本科生实验教育及竞赛研究,(E-mail) wangminling2007@163.com; (通信作者)王化杰(1982—),男,哈尔滨工业大学(威海)海洋工程学院副教授,博士,主要从事本科生及研究生教育,(E-mail)huajie\_wang@hit.edu.cn。

促进本科结构力学课程教学改革进行了探讨。

综上所述,学者充分认识竞赛对教学质量的促进作用,结构设计大赛对土木工程专业学生有足够的吸引力和影响,但是以大学生结构设计大赛为依托的以赛促学实践教学研究还未充分展开。尽管现有研究多针对具体学科的赛学结合讨论,但缺乏系统、具体的以赛促学实践教学方法和内容。因此,以大学生结构设计大赛为平台,通过以赛促学实践教学模式的探索,激发学生的学习兴趣,促进师生互动交流,加强理论知识的理解运用,对丰富土木工程专业学生的实践教学内容,提升土木工程专业学生创新意识、团队协作和工程实践能力具有重要意义。

## 一、以赛促学教学模式的可行性及其优势

### (一) 良好的参与基础

为推进以赛促学教学模式,需要开展参与度高、相关领域专家认可度高的赛事。中国大学生结构设计大赛是由中华人民共和国教育部、住房和城乡建设部、中国土木工程学会联合主办,高校轮流承办的土木工程专业最高水平学科性竞赛,目前已举办十三届,被誉为“土木皇冠上最璀璨的明珠”,备受土木工程专业学生的青睐。分析不同年级学生参与比赛的300多份调研问卷,如图1所示,可以看出,除大四学生即将毕业外,大一到大三学生参与积极性较高涨。据统计,2018年全国已有542所高校参与了结构设计大赛,基本涵盖了全国大多数土木工程专业的高校,良好的参赛基础使得以赛促学教学模式更容易在全国高校推广。

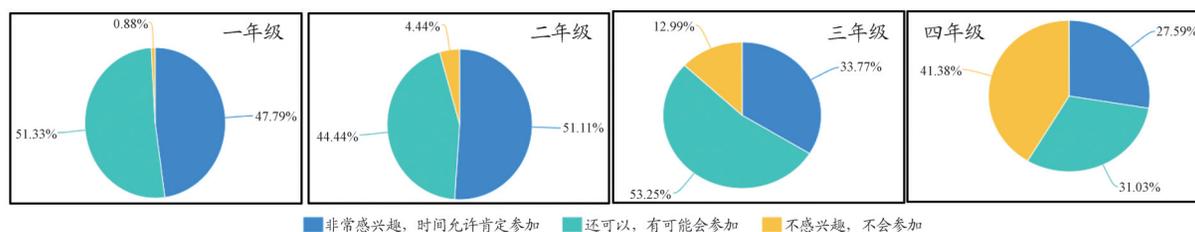


图1 不同年级参赛意愿调研结果

### (二) 良好的教学条件积累

以结构设计大赛为平台的以赛促学教学模式须有足够的实践内容和硬件设备支持。根据赛题需求,每届结构设计大赛都需要专门的赛题装置和设备,如第8届的三重檐攒尖顶仿古楼阁结构模型制作与抗震测试需要专门的小型地震台装置,如图2所示;第10届的大跨度屋盖结构需要特定的竖向加载装置,如图3所示;第12届的山地输电塔需要特定的多向加载和检测装置,如图4所示。参赛高校为准备比赛,通常会购置相应的赛题装置,这些装置也为以赛促学的课堂内容制定和顺利实施提供了教学条件保障。若赛后不能较好地开展以赛促学实践教学,闲置的设备往往造成巨大的资源浪费,因此,以赛促学教学模式在提高教学质量的同时,也实现对资源的充分利用,是一种可持续发展的教学模式。

### (三) 理论与实践相结合

目前,土木工程专业学生培养过程中能与工程实际联系起来的实践教学环节主要有集体现场实习和“卓越工程师”企业培养等。其中,集体实习主要是以学生团队参观为主,学生参与感不强,较难达到锻炼学生主动思考和动手能力的目的;而“卓越工程师”企业培养只针对有限的成绩优秀的学生,无法大规模开展。通过以赛促学,可以全面、高效地将理论与实践相结合,且这种结合具有良好的操作性,可以使大多数学生参与进来,解决现有实践教学方法学生参与度不足,缺乏动力的问题。

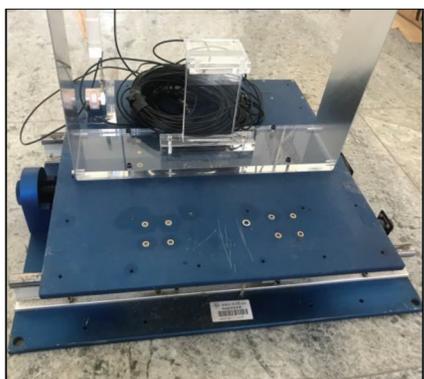


图2 模拟地震作用的小型地震台



图3 大跨屋盖竖向加载装置



图4 输电塔多向加载装置

完整的结构设计大赛作品,通常需要经过赛题理解、方案设计、模型工况分析及优化、图纸绘制、模型制作等环节,这与实际建筑结构的建设流程——方案设计、模型计算及优化、施工图绘制、结构施工较相似。因此,通过结构设计大赛作品的设计制作给学生呈现了实际结构建设的全过程,而过程中涉及的理论知识和工程经验以最直观的形式展现在结构作品的设计、分析全过程,从而将理论与实际较好地联系起来。作品方案设计、体系建模优化、图纸绘制及模型制作完全由学生团队自主完成,教师只辅助指导。学生能够最大程度地独立思考,针对具体问题开展学习,第一时间将理论知识转化到实践中。

自2005年以来,结构设计大赛已成功举办十三届,大赛题目基本涵盖了高层、大跨、桥梁、特种结构、静载、动载、抗风、抗震、抗冲击等土木工程学科领域,见表1,比赛准备阶段,需要综合运用大量的专业知识,尤其是材料力学、结构力学、高层建筑结构、大跨空间结构、地震工程等与比赛密切相关的课程知识,实现多门课程的理论知识综合应用,更深程度、更加灵活地实现理论与实践的结合。

表1 历届结构设计大赛题目与加载工况

届次	赛题题目	加载工况
1	承受竖向静压荷载的高层结构模型设计	竖向静载
2	两跨两车道桥梁模型的制作和移动荷载作用的加载试验	移动荷载
3	定向木结构风力发电塔	水平动力荷载
4	体育场看台上部悬挑屋盖结构	竖向静载和风荷载
5	带屋顶水箱的竹质多层房屋结构	地震作用
6	吊脚楼	冲击荷载
7	设计并制作一双竹结构高跷模型,并进行加载测试	静载和动载
8	三重檐攒尖顶仿古楼阁结构模型制作与抗震测试	竖向静载和地震作用
9	手工与3D打印设计制作、装配山地桥梁结构模型	移动荷载
10	大跨度屋盖结构	竖向静载
11	渡槽支撑结构	静载
12	承受多荷载工况的大跨度空间结构模型设计与制作	竖向静载和水平静载
13	山地输电塔模型设计与制作	多向静载

#### (四) 赛事成果与经验的延续

以往的结构设计大赛,学生主要关注比赛本身,为比赛服务,且只针对赛题进行思考。首先,赛

题内容涉及的专业知识有限,专业知识的应用较为零散,无法对专业知识形成系统地应用和深入的思考;其次,赛后缺乏足够的总结,比赛工艺和成果的延续性和启发性不足。然而,通过以赛促学的实践教学,可将以往及未来比赛中专业知识的运用经验、加工制作工艺以及比赛成果进行系统总结;制定系统的比赛经验及成果总结机制,形成完整的问题对策、制作工艺及优秀成果数据库,建立规律的教学内容,并随着教学和比赛进程不断完善;可丰富以赛促学的教学内容,增强知识的转化效率,加强技术和成果的传承性,提升学生比赛水平。

## 二、以赛促学的教学模式探究

根据教学活动中的学生和教师活动强度的不同,可将教学模式分为替代性教学、指导性教学和生成性教学<sup>[6]</sup>。其中,替代性教学更接近于传统教学方式,是学生通过教师呈现材料来掌握现有知识的教学方法,学生缺乏足够的主观能动性,在培养学生的探究精神、创新能力方面有明显的缺陷;生成性教学则是强调以学生为中心,认为学生是认知的主体,并不要求教师直接向学生传授知识,其主要问题是教学用时过多,教学效果不好。作为指导性教学模式的以赛促学方式可以较好地平衡前两者之间的关系。以赛促学模式是以竞赛为平台,基本上竞赛的过程就是教学过程。图5为以赛促学教学模式框架图,主要包括赛题分解与教学案例、学习群体分组机制、理论学习与实践学习模式、考核机制等环节部分。

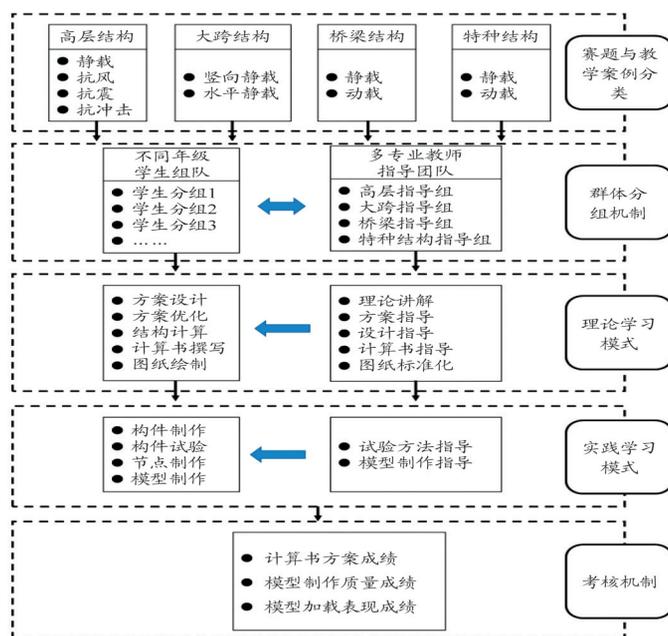


图5 以赛促学的教学模式框架图

### (一) 赛题与教学案例分类

完整的教学体系需要确定教学内容,而以赛促学的教学最为关键的是将“赛”和“学”结合起来,围绕着赛题进行专业知识的引入和学习。因此需要对已有赛题进行梳理和分类,确定各赛题涉及的专业知识架构,将专业知识的学习与赛题解析和设计相结合,建立学科专业知识与赛题结合的课堂教学内容,提升学生的学习兴趣。赛题涉及的专业知识可分为两大类:(1)通用专业知识。包括完成结构设计需要具备的理论知识、计算方法和试验手段等。具体课程主要有结构力学、材料力学、荷载与结构设计方法、结构实验方法、有限元软件、工程制图等。(2)特色专业知识。按照结构类型可以将已有赛题分成高层结构、大跨结构、桥梁结构、特种结构四大类。按照所受荷载工况又可

以分为静载、动载、风荷载、地震作用、冲击荷载等多种工况。因此,要在比赛中获得优异的成绩,还要根据结构类型和赛题内容具备高层建筑结构、大跨空间结构、桥梁工程、风工程、工程结构抗震等土木工程专业知识。专业课程分阶段地由指导教师进行启发教学。教师指导学生在比赛的不同阶段进行学习和应用。

### (二) 群体分组机制

传统教学主要以班级作为教学单位,教师进行“一站式”教学,不能较好地联系实际,也不能较地将多个课程进行综合应用。而在以赛促学教学模式中的学生和教师则可采用更加灵活的教学分组制度。

(1)学生竞赛组队。以“赛”为平台,按照赛制,学生3~4人组队。传统组队往往是同年级熟悉的学生,为了促进不同阶段不同知识水平学生的学习交流,提高学习效率,提升团队创新能力,要求各队必须按照不同年级进行交叉组队,各队必须包括大一至大三不同年级队员,由经验丰富的大三老队员带队,实现团队的良好搭配和高效合作,以更好地锻炼学生的团队合作意识和动手实践能力。

(2)教师指导团队。为了满足教学和竞赛的双重需求,打破传统的单一教师上课和指导带队模式,以赛题对象和内容为依据,对教师指导团队进行分类。目前根据赛题类型,教师指导团队可以分为高层结构指导团队、大跨结构指导团队、桥梁结构指导团队、特种结构指导团队4种,指导团队由多位相关专业教师组成,通过发挥指导教师的专业特长,建立完整的多学科指导教师联合培养的学习模式,增加知识运用的专业性和系统性,实现对学生更加全面的多学科多专业指导。

### (三) 理论学习方式

结构设计大赛根据完成进度可分为赛题理解、方案设计、方案优化、结构计算、计算书撰写、图纸绘制、构件制作、节点制作、模型制作、加载比赛等阶段。其中,赛题理解、方案设计、方案优化、结构计算、计算书撰写、图纸绘制等可归纳为理论学习阶段,该阶段工作需要综合运用多学科专业知识对结构进行设计、计算、优化和出图。指导团队教师介绍通用专业知识,如材料力学、结构力学、荷载与结构设计方法、有限元软件、工程制图,围绕赛题结构类型和内容进行具体的高层结构、大跨结构、桥梁及其他结构的方案设计指导,使学生明确如何选择抗风、抗震有利的体系外形,设置合理的构造措施,进行关键构件的计算,指导学生第一时间将专业知识和结构概念应用到结构方案设计中。前期指导教师团队主要以讲解介绍为主,在学生对设计方案形成初步概念后,指导团队只需对基本概念和力学合理性进行评估指导,学生则可以充分发挥个人想象力和团队的创造性进行方案设计。在此基础上,学生根据所学软件和制图技术对模型方案进行优化计算和图纸绘制,进行计算书章节的规划和撰写,此方法可加深其对知识的理解,协助搭建工程设计的总体思维框架。整个学习过程始终围绕着赛题结构展开,使专业知识第一时间与实际结构相结合,有利于学生对所学知识的理解与应用。

### (四) 实践学习方式

构件制作、节点制作、模型制作、加载比赛等阶段可归纳为实践学习阶段。该阶段需要学生应用试验手段和加工技术制作和使用模型,在专业教师团队的指导下,学生通过对构件和节点的加工制作及性能测试试验,掌握构件和节点的性能,总结规律和经验,改进制作工艺和构造措施。最后,由团队协作完成最终比赛模型的制作。

该阶段理论与实践相结合,以学生实践为主。除了试验方法和仪器设备的操作指导外,指导教师以思路和问题指导为主,学生以自我管理和团队配合为主,具有较高的自主性,充分锻炼了学生的试验、动手和团队协作能力。

### (五) 考核机制

传统课程的考核方式以卷面考试或者答辩为主,难以有效体现学生的知识应用水平。相比之下,以赛促学教学模式更加注重对学生知识应用过程和应用效果的考查,且与结构设计大赛相协

调,参考竞赛的评分模式对团队成绩进行考核,考核成绩分四部分。

(1)计算书成绩。计算书的编写能较好地反映学生设计思维能力,能够充分锻炼学生组织报告和撰写报告的能力,能看出理论知识在结构设计和优化中应用的水平,因此,该部分可以作为成绩考核的重要组成部分,建议占总成绩的15%。

(2)模型创意成绩。模型方案创意是团队创新能力和基本概念运用能力的重要体现,该部分也可以作为成绩考核的组成部分,建议占总成绩的5%。

(3)模型制作质量。该部分主要是与赛结合的重要内容,制作过程充分体现了制作工艺和细节处理的能力,同时也为以学养赛打下基础,积累更多的样板工艺,建议占总成绩的10%。

(4)模型加载表现成绩。结构设计的目的是用最经济的手段建造出能够满足安全和正常使用的建筑结构。所以模型加载的表现是结构设计和制作水平最直观评价依据,也是最客观、最公平的评价方法,因此这部分成绩较为重要,占总成绩的70%,这也与比赛的评价体系相一致。另外,成绩最优一组将代表学校参加省级以及全国大学生竞赛,实现以赛促学和以学养赛的统一。

### 三、以赛促学的教学实践尝试

新的教学模式的实施和推广需要探索、尝试和完善。2019年笔者对以赛促学的教学模式进行了小范围的初步探索,建立了由高层建筑结构专业教师、材料力学专业教师、结构力学专业教师、结构实验方法教师组建的专业指导团队,结合大学生科技创新项目,组建了两支分别由3名大一至大三不同年级组成的学生队伍,并以结构设计大赛中通用轴压构件的设计与优化为题,对学生进行全过程指导教学。

在教学实践的尝试过程中,教师指导团队与学生队伍每周进行例会交流。首先,由学生根据自己的理解进行赛题解析。师生讨论互动,材料力学、结构力学教师从构件的受力模式和优化的角度给出设计建议,使学生能够更好地理解影响轴压杆件承载力的关键因素,明确用有限的材料有效地提高构件的承载力;高层建筑结构教师则从结构设计角度指导学生理解“强柱弱梁”等结构设计原则的重要意义,使学生明确了柱子作为主要轴压构件,要保证其承载力的重要性;最后,完成构件截面设计方案后,在结构实验方法教师指导下,学生完成了构件的制作和试验测试,以及试验数据分析和评价构件优化效果。整个学习过程,学科知识和结构概念的解读更加生动和直观,大大调动了学生的学习积极性,

教学过程中,由于高年级学生已具有材料力学、结构力学等相关知识基础,且有一定的前期参与比赛经验,一般能够表现出良好的带队经验和组织能力,能够不通过导师、直接将结构概念和构件加工工艺传授给低年级学生,起到了“传帮带”的效果。整个学习过程中,学员主动学习的意愿较为强烈。学员在完成正常课程学习后,利用课余时间进行以赛促学模式的学习,可有效完成课程所布置的任务,选出合理的构件尺寸和形式,以加深对多门学科和专业工具的理解和综合应用,进而锻炼了学员之间的好团队协作和动手能力。图6—图8为学生构件设计方案图绘制、制作以及试验测试。



图6 方案图绘制

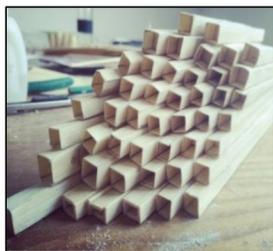


图7 构件制作



图8 构件加载试验测试

## 四、结语

高质量土木工程专业型人才的培养至关重要,以大学生结构设计大赛为平台,进行以赛促学教学模式的探索,以激发学生的学习兴趣,促进师生互动交流,加强学生对土木工程专业知识的理解和掌握,对提高学生自我学习能力、实践动手能力、管理协作能力、成果总结能力,以及创新思维能力具有明显的优势。未来应进一步完善以赛促学模式土木工程专业本科生实践教学方法和实施体系,进行更大范围的推广和尝试,提高创新人才培养质量,可为我国基础设施建设的快速发展提供高质量的土木工程人才,为类似学科以赛促学实践教学模式的探索和研究提供参考。

### 参考文献:

- [1] 贾传果,张川,李英民,等. 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.
- [2] Paya-Zaforteza I. Promoting a new generation of people passionate about engineering through a spaghetti bridge building competition[C]//IABSE Conference, Bath 2017: Creativity and Collaboration - Instilling Imagination and Innovation in Structural Design. April 19-20, 2017. Bath, United Kingdom. Zurich, Switzerland: International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), 2017.
- [3] 陈志军,李时辉. 高职“学赛一体、研创融教”的双元协同育人体系创新与实践[J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 138-142.
- [4] 刘冰,刘崇磊,潘海生. 地方高校“学训研赛”一体化人才培养模式构建[J]. 高等工程教育研究, 2018(5):88-92.
- [5] 钮鹏,王晓初,何丽霞,等. 以“结构设计竞赛”形式促进应用型本科的结构力学课程教学改革[J]. 教育现代化, 2019(83):59-61.
- [6] 邱才训. 课堂教学的指导性策略[J]. 教学理论与方法, 2001(2):49-51.

## Teaching method research of "Competition to Promote Learning" taking structural design competition as a platform

WANG Minling<sup>1</sup>, WANG Huajie<sup>1</sup>, QIAN Hongliang<sup>1</sup>, CHEN Deshen<sup>1</sup>, FAN Feng<sup>2</sup>

(a. Department of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai 264209, P. R. China; b. School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, P. R. China)

**Abstract:** College student structural design competition is most widely participation nationwide civil engineering field, the highest value, in order to enrich students majoring in civil engineering practice teaching content, improve civil engineering students' innovative consciousness, team coordination and engineering practice ability, to the civil engineering professional study in order to promote science teaching methods, detailed discussed in order to promote teaching methods to promote the feasibility and advantage, established a clear framework to promote learning teaching mode, the analysis of the refrigerator for each link, finally, in order to promote teaching methods try to a small range of practice, obtained the very good teaching effect, It reveals the positive effect of the teaching mode of "promoting learning by competition". The research ideas and results will also provide reference for the transformation of the practice teaching mode of similar disciplines.

**Key words:** Competition of Structural Design; Competition to Promote Learning; Civil engineering; Teaching method

(责任编辑 邓 云)