

# 浅析大学生结构设计大赛对结构力学教学的改革

张永昌 夏一恒 马晓雨

河北工程大学 河北 邯郸 056009

**摘要:**全国大学生结构设计大赛,旨在加强大学生的工程实践能力,创新能力、动手能力和团队合作能力,提高学生的综合运用能力。将课堂所学与实际操作更好的衔接起来。本文通过对大学生结构设计比赛的具体题目及学生在比赛中作品的表现,分析其在提高学生综合素质方面的作用,从而为结构力学的教学改革提供参考。

**关键词:**结构设计;结构力学原理;比赛作品

**Abstract:**The National Structural Design Competition for College Students aims to strengthen college students' engineering practice ability,innovation ability,hands-on ability and teamwork ability,and improve students' comprehensive application ability to better link up what they learn in class with practical operation.This paper analyzes the role of structural design competition in improving students' comprehensive quality by analyzing the specific problems of structural design competition and the performance of students' works in the competition,so as to provide reference for the teaching reform of structural mechanics.

**Key words:**structural design;Structural mechanics principle;The game works

引言:建筑的外观(或造型)与其内部的承重结构设计是密不可分的。结构好比是建筑的骨架,越是优美奇特的建筑,就越需要内部的结构巧妙与复杂。同样,建筑的外形,空间布局都靠结构来实现结构。随着社会经济的发展,人们对建筑物的认识也越来越多,建筑工程不但要保证其品质、功能,还要达到审美的目的,以达到人们的审美情趣。因而,美观、实用、安全、可靠,已成为衡量建筑质量的一个重要指标。然而,由于建筑在外观表达与内部承重设计两个方面的专业要求不同。随着建设项目的不断发展,对专业技术的需求也在不断增加,传统的结构力学要求学生保证建筑结构的安全,但对于艺术美学方面培养甚微,人民也不仅仅满足于建筑的安全。所以在新时代的发展下,就需要着重培养学生对建筑结构和建筑造型完美融合的能力。由教育部、住房城乡建设部和中国土木建筑协会共同举办的"全国大学生结构设计竞赛",具有很强的创新和挑战。自2005至今,已经连续举行了14届大学生结构设计竞赛。比赛要求考生根据题目的结构形式、结构尺寸和载荷的作用形式,在指定的时间内,根据设计、制作、试验等任务,提出一份完整的理论计算书和具体的设计方案。比赛的全过程,不仅可以提高学生对知识的渴望,还可以提高他们的实践能力。通过亲身参加结构设计竞赛,笔者认为,大学生结构设计竞赛能够较好地检验和提高学生应用土木工程理论知识,并提高其应用于实际问题的能力。通过对第11届大学生结构设计比赛的具体题目及学生在比赛中作品的表现,分析其在提高学生综合素质方面的作用,从而为结构力学的教学改革提供参考。

## 1 结构力学的地位

结构力学是土木工程专业的一门专业核心课,它将为以后的钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构等学科的教学打下坚实的基础。但是,结构力学又是一门非常抽象的课程,

特别是在结构动力方面,许多概念,比如基本的动力特性、动力响应特性等,如果没有一个生动的描述和说明,很难使学生真正了解。所以,结构设计大赛的举办就显得尤为重要,学生们利用生活中的材料,运用所学的结构力学,材料力学等知识,按照要求制作模型,学以致用,更好的将学生从课堂上过渡到课堂下。因此,在结构动力学课堂上,运用直观、形象的教学工具来展示力学的基础知识,无疑是一种非常有效的教学方法,它不仅生动、形象,而且可以激发学生的学习兴趣 and 积极性。为了满足当代大学生在结构动力学学习中的学习需求,我们研制了结构动力学原理示范教学系统,鼓励学生进行现场演示和观察,以激发学生参与的积极性和学习兴趣。本文对结构动力学理论示范结构模型的设计、制造和功能试验进行了较为详尽的阐述。

## 2 赛题背景及要求

中国水资源缺乏,水资源的空间和空间分布不均衡。从时间上来说,夏、秋多、冬、春少,而在空间上,南方多,北方少。在此背景下,大力开展水利水电的建设,是实现水资源合理利用的重要途径。在复杂地形条件下进行输水工程,最常用的就是渡槽(见图1),该结构能有效降低地形对输水的制约。第十一届大学生结构设计大赛以渡槽支撑体系为研究对象,提出了一种基于渡槽支撑体系结构的设计方案,并对其进行了水力测试,对其进行了受力特性、优化设计、施工工艺等方面的研究。



图1 渡槽结构

本次比赛的主要任务是设计、制作和安装图2中所示的支架,确保输水、排水的顺利进行。具体的运输装置、支座尺寸、模型的加载、材料等具体要求详见《第十一届全国大学生结构设计竞赛题目》。

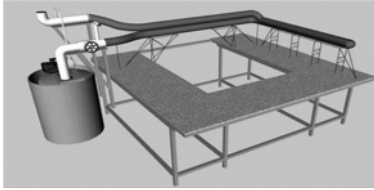


图2 渡槽模型主体结构示意图

### 3 竞赛对学生能力的培养

#### 3.1 赛题分析

由于结构设计大赛的题目各不相同,所以在进行模型制作前,必须对题目进行仔细的研读,正确地把握题目的重点和设计要领,找出题目的难点与突破,从而形成一个较为合理、科学的构思。在这场比赛中,有效模型的品质依然是最重要的得分标准,而且还能提高排泄能力。因此,既要满足承载能力,又要有足够的刚性,以确保排水效果,防止由于结构的变形而造成的水不能排出。另外,除了支撑板(岸桥)上的支撑部分外,模型结构还必须考虑一个净跨径大于1 m的大跨(桥跨),这两部分必须根据所给条件和要求分别进行设计。竞赛题目分析要求具备广泛的专业理论知识,并有一定的比赛经验,一般都要在导师的指导下进行。一方面,要使学生能正确地把握题目的要害,另一方面要从有关资料中了解渡槽结构的受力特征及设计要点。在题目解析部分,要充分激发学生在遇到新问题时的求知欲,从而使他们主动、主动地进行学习。

#### 3.2 结构选型

在建筑结构中,结构的概念设计是从经济、合理、实用、美观的角度进行结构的选择,是从宏观的角度来进行结构设计的一种方法。在进行建模前,还需要对模型的结构进行概念化设计。其主要工作是在充分理解竞赛题目所要求的周边附属结构、使用功能和材料特性的基础上,确定结构的主要承重体系、附属结构体系、连接形式等,同时还应考虑构件支座、安装和荷载的可实现性。比赛所用的材料通常与实际使用的不同,但是其结构的设计原则和破坏方式是一样的。只有对材料、部件的力学特性有了全面的了解,才能进行合理的结构设计。实际应用中,由于其本身的特性存在着较大的离散性和不确定性,在加入胶水后,其性能也会发生变化。除了参照竞赛题目的力学指标如弹模强度等,还要对所给的材料进行力学性质的检测,从而作出合理的设计。本次比赛主要针对渡槽支承体系进行设计,具体应用有梁式桥,斜拉桥,拱桥,桁架桥,吊桥等。在确定主体结构系统时,应先弄清其不同的特征。在此基础上,学生对结构的内力及位移进行了分析,并对各种结构的应力特性有了初步的认识。另外,在参考有关专业材料和导师的比赛经历的基础

上,同学们对各种结构的构造特征有了初步的了解。在桁架结构中,所有杆件的受力都是单向拉、压的,通过合理的上弦、腹杆的排列,可以满足结构的内弯矩和剪应力分布。结构设计灵活,但由于杆数多,总重量增加,节点受力复杂,制造困难,人工操作也很困难。拱形结构是一种具有横向推力的结构,其上部受力后,在其支座上会产生很大的作用力,这种作用力可以将竖向载荷转换成轴力,从而减少不必要的弯矩。但是,拱型结构的受力并未完全发挥其力学特性,并不符合竞赛材料的特性。斜拉式结构是一种既有拉力又有压力的组合结构,它的主梁跨度大,但是高度高,而且主要是受压,不能完全发挥竹材的拉伸能力;同时,斜拉式结构的整体柔性大,排水性能也不佳。在综合各种结构优点和不足的基础上,确定了岸桥采用“多柱少梁”,主要是受压墩柱;在设计时,充分利用了管道的刚性,采用少量的横梁支撑管道,而不设桥板;图2显示了主要建筑的示意图。结构选型考试主要考察了结构力学、桥梁工程等常用结构的力学特性,并根据比赛的荷载要求和材料特性,进行合理选择。通过对学生进行结构选择,可以使学生对概念设计的认识和理解。

#### 3.3 细部构造设计

在主体结构选型完毕后,根据结构的定性分析结果,对构件的材料、截面和构件的连接进行了初步的确定。结构的定性分析,就是要从结构、荷载等方面来判断结构的内力、变形规律及趋势。在结构的细部结构设计中,应从定性的角度来判断其主要受弯、受拉。受弯或受压件可选用板条或竹条粘结而成的盒状或圆形断面,受拉构件可选用腊绳或竹皮。模型岸桥结构以竖向承载为主,按受压构件进行设计,因此选用了常见的箱型截面。在长江大桥上,三角形桁架的各个杆件都是受力构件,按其弯矩分布的特点,选取了不同截面的箱形截面。此外,通过对赛题的分析,发现比赛题目中规定了在不产生承载力破坏的情况下,必须满足某种刚性要求。为此,必须进行理论分析,并进行反复实验,以求出最佳的设计跨径。

#### 3.4 理论计算

采用理论计算方法,估算了该模型的承载力,并对其在各个阶段的受力、破坏形式和位置进行了预报。在建立有限元数值模拟模型的过程中,必须综合考虑不同部位的杆构件的受力特性,并根据节点的具体构造,选取合适的单元、节点约束进行仿真。通过对结构的理论分析,可以为结构的优化设计、线型、截面形状的选取提供依据,以保证结构在荷载作用下的各个阶段的受力和变形。

#### 3.5 模型制作、安装与加载

大学生结构设计大赛需要同学们组队,进行模型的制作、安装和装载。制造一个模型,相当于建造一个真实的建筑,这是非常重要的一步。模具制造技术是非常关键的,模具的细节质量将直接影响到装载的成功。大难不死,必有后

患。梁、柱、节点等各部位的制造与安装稍有疏忽,就会导致整体结构的损坏。本次比赛的模型制作时间不能少于18个小时,在平台上安装模型和管道的时间不能超过25分钟,模型和管道的安装不能超过5分钟,对于加载、承载和卸载都有严格的规定。参赛学员要有团队精神,做到有计划、有特长、有沟通、有协作,这样才能完成模型制作、安装、装载等全过程。一个好的模型制作常常要求团队成员在模型制作、安装和加载时各司其职,分工合作,全力以赴。在小组比赛中,集体合作对于培养学生的团队精神和合作精神具有重要意义。

#### 4 对结构力学课程教学的启示

通过对结构设计比赛的结果分析,发现通过比赛,学生能够更好地了解结构概念、结构设计、应用理论知识、解决问题、创造等方面的能力。在课堂学习过程中,学生会感到课程枯燥、抽象、难学,学习效果不佳。在完成了结构力学的课程后,很多同学对于简单的结构的内力和变形仍然没有正确的认识,这表明学生们仅仅是死记硬背,而没有真正了解其结构的特性和规律。本文根据结构设计比赛的实际情况,通过对参加结构力学的学生的问卷调查,以及笔主自身比赛经历,提出了在结构力学的教学中应注意的问题。

##### 4.1 添加定性和概念化的结构力学内容

质的结构力学强调了对结构的受力和变形趋势的判断。因此,在不进行冗余运算的情况下,定性的分析往往能获得较为合理的结果。

##### 4.2 强化实习教学

例如,在课程中加入相关的工程结构的参观实践,可以让学生更好地了解现实与理想结构的差异,并能更好地了解其简单性。通过对真实的结构进行计算和分析,可以使学生

获得一种成就感,从而使他们的学习动机得到提升。

##### 4.3 与比赛主题相结合的探究式学习

通过对结构力学教学中遇到的问题进行分析,指导学生探讨如何提高结构的受力性能,从而提高学生的分析和解决问题的能力,同时培养学生的综合应用能力。

#### 5 结语

通过对结构设计大赛的分析与思考,折射出许多教学与实践的问题。从竞赛对学生综合素质的影响出发,提出了在结构力学课程中加入定性结构力学、强化实习环节、提倡探究式学习等多种形式,以弥补传统课堂教学中知识应用的缺陷。结构设计竞赛为同学们提供了一个发散思维、学以致用的平台,涉及到结构选型、截面选择、节点处理、结构优化等多个方面。而结构优化就是从复杂到简化,不断地增加材料的使用。只有掌握了大量的理论,熟悉了结构设计的流程,再加上精密的制造,才能让自己的作品脱颖而出。以竞赛推动教育改革创新,同事以教育改革提升竞赛水平,二者相辅相成,共同促进。

#### 参考文献:

- [1]张延庆.结构力学[M].北京:科学出版社,2006.
- [2]A.K.Chopra,结构动力学—理论及其在工程中的应用[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [3]刘志龙,杜向琴.《建筑力学》课程教学改革的探索与实践[J].四川建材,2016(4).
- [4]王友三.建筑结构形式发展的力学原理[J].建筑工程技术与设计,2015(7).
- [5]黄志东,何萍.经济发展与建筑结构形式相关性初探[J].华南地震,2014(2):103-106.

