

# 定性分析在结构力学教学中的应用研究

许凯,陈朝峰,杨祖权

(武汉科技大学城市建设学院,湖北武汉 430065)

**摘要:**定性分析的内容在结构力学课程教学中得到了越来越广泛的应用,但是定性分析的教学方法与内容体系并不完善,文章就此围绕定性分析如何与传统结构力学课程教学相结合进行了探讨,以培养学生定性分析能力、提高学生综合素质为目标,提出了较为合理的结构力学定性分析教学体系。课程教学的实践表明,采用新的教学模式,可以拓展专业课的教学空间,激发学生的学习兴趣,培养学生的科研能力,有助于学生对结构力学原理的深入理解和教学质量的提高。

**关键词:**结构力学;定性分析;工程实践;教学研究

**中图分类号:**TU311; G642

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2010)06-0098-04

## 一、定性分析在结构力学教学中的地位与作用

结构力学是土建、水利类专业的一门重要专业基础课,在整个专业教学中起着承上启下的作用。传统的结构力学教学,在教学方法与教学内容上都大同小异,以学生能够掌握好书本上的理论和方法为培养目标,整个教学活动的实质仍然是应试教育。这样封闭的教学模式不利于创新型人才的培养,给学生独立思考的空间也很小。随着计算机技术的普遍采用,结构力学从繁琐的计算中解脱了出来,但这似乎并没有带来学生能力的全面提高。事实上,对计算软件的过度依赖,使得学生独立思考的空间变得更小了,一些学生甚至对基本的理论与概念也模糊起来。因此,为了提高教学质量、培养出具备坚实理论基础的创新型人才,应该在结构力学教学过程中加强学生定性分析能力的培养,拓展学生的思考空间,使学生在学完经典结构力学的基础上能够进一步理解和运用结构力学的核心概念与基本方法去解决工程实际中的力学问题<sup>[1]</sup>。

将结构定性分析的内容融入到结构力学的教学过程之中,既可以培养学生的分析能力,又能促进结构力学的教学工作。通过定性分析能力的培养,学生可以站在更高的层次上去理解和把握经典结构力学的基本思想,学会用多角度、全方位的眼光去认识与分析身边的力学问题<sup>[2]</sup>。在计算机技术得到广泛应用的新形势下,定性的分析与判断比任何时候都显得不可缺少,只有对结构进行了正确的力学分析与估算,才能建立起合理的结构计算模型,才能处理好计算所得的庞大数据。从全面素质教育的角度来看,定性分析能力的训练对提高学生的综合素质、培养学生解决实际工程问题的能力起到了画龙点睛的作用。

收稿日期:2010-09-04

作者简介:许凯(1975-),男,武汉科技大学城市建设学院讲师,博士,主要从事结构理论与计算研究,  
(E-mail)xukai@wust.edu.cn。

### 二、结构力学定性分析的内容体系

经典结构力学有着丰富的学术思想,它的每一种方法或技术都是从特定的角度去分析与计算某个力学问题,而定性分析就像一棵参天大树,掩荫着各色各样的方法分支,它强调的是力学课程中各种方法与结论的综合运用,即利用多种理论、多种研究方法对事实做最真实最全面的描述。在教学中不应将定性分析的内容孤立起来,而应将其融入到结构力学教学的全过程中去。

#### (一)用已学的方法对结构作定性分析

结构力学课程在每一章节都讲述了相应的理论与方法,这些经典的解题方法不仅可以用于定量的计算,也是定性分析的重要手段。在教学过程中可以将定量计算与定性分析的内容结合起来,这既能加深学生对解题方法的理解,也能使学生养成定性分析的良好习惯。

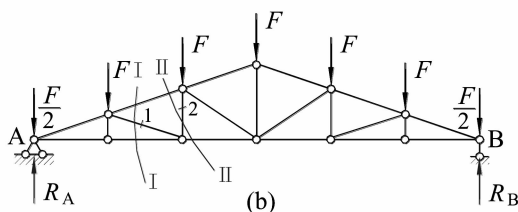
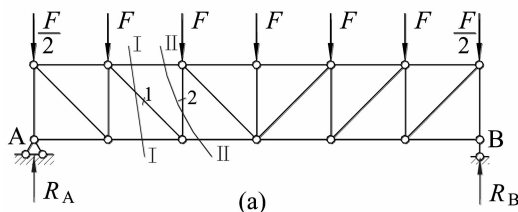


图1 桁架问题

这样的例子还有很多,在结构力学的教学过程中,可以经常以这种启发式的设问方式,引导学生用已学到的方法对常见的力学问题做出定性的判断。

#### (二)用已知的结论对结构作定性分析

在结构力学的学习过程中,总结了很多重要的结论,这些结论是在工程中进行概念设计、估算判断、计算模型建立以及计算结果分析的重要依据。对于这些有益的结论,不仅要善于学习与归纳,还应当学会在定性分析的过程中加以应用。

例如:图2-a所示的对称刚架,若不在解题前利用已知结论对结构作定性分析,那么内力的计算是比较复杂的。分析这道题,可应用以下几个结论来简化计算:(1)正对称结构对称轴处杆件无转角;(2)杆端无转角且只发生相对侧移时,杆件两端的弯矩相等;(3)杆间无荷载的杆段,弯矩图是一条直线。由这些结论,取杆件AB为研究对象(图2-b),可以知道结点A、B无转角,那么有  $M_A = M_B$ ,即各杆的弯矩图均过杆件的中点。这样,只要求出这根杆件的剪力就可以做出弯矩图了(由投影关系,  $V_A = V_B = 0.4F$ )。最后利用正对称结构的特性可以很容

易地绘出全结构的弯矩图<sup>[4]</sup>。

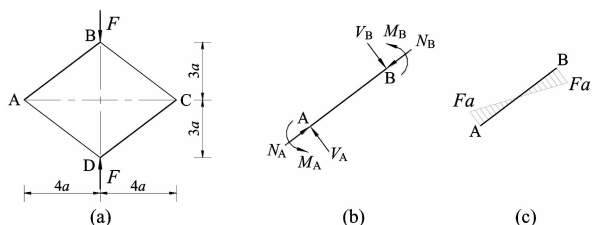


图2 对称刚架

由这个例子可以看到,不能将定性分析与定量计算的内容割裂开来,定量计算所得到的结果是定性分析的基础,而定性分析则可以指导定量计算的全过程。

#### (三)变形图与结构定性分析

正确估计和判断结构受力后的变形图,对估算和分析结构的内力与变形有十分重要的意义。绘制变形图可以从定性与定量两个层次提出要求。定性,就是通常所说的画出变形图的形状或轮廓;定量,则要求精确地描画出结构的变形曲线,而这对于手算与手绘是比较困难的。事实上,对于弯矩图的校核、影响线的绘制以及工程中的估算等应用来说,只要勾画出结构构件变形的大致曲线即可。

勾画变形图要用到结构力学中所作的一些基本假设,常用的规则有:(1)受弯杆件的轴向变形忽略不计,即长度保持不变;(2)对于铰结点,变形前后杆件的夹角可以任意改变;(3)对于刚结点,变形前后杆件的夹角保持不变。对于等截面直杆体系,由弯矩  $M$  与曲率之间的线性关系,即可绘制出结构变形图。需要指出的是,作为定性分析的工具,勾画变形图的形状并不一定要依据精确的弯矩图。

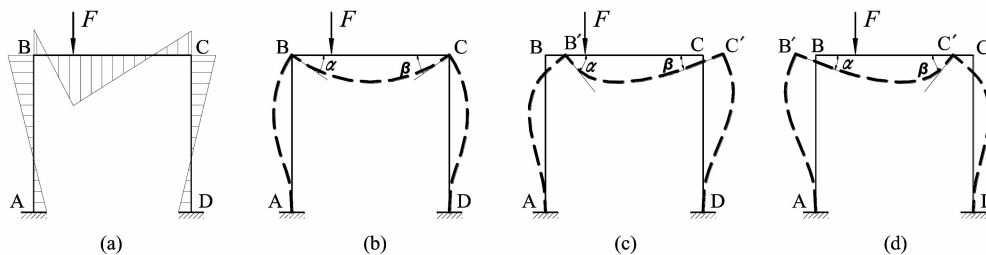


图3 刚架变形问题

快速绘出结构变形图,可大致计算出结构受力后弯矩和侧移的变化规律,从而判断杆件截面上哪一侧受拉、哪一侧受压,也可用来判断设计图纸上的钢筋布置是否正确。这无论是对于结构定性分析的教学还是对于实际工程估算都有较大的实用价值。

(四) 计算机技术与结构定性分析

计算机技术和现代数值计算方法的飞速发展进一步拓宽了结构力学的应用领域,工程师可借助有限元软件分析更为复杂的结构。但是,计算机技术的普及也给学生带来了“重计算,轻分析”的后果。龙驭球院士曾指出:“在大型计算中,如果不会定性判断、不会抓错、改错,那是很危险的。”<sup>[5]</sup>因此在结构力学的教学过程中,应该重视学生定性分析能力

的培养,使学生能够认识到计算机技术是进行结构定性分析的重要工具,而定性分析更是计算机计算中不可或缺的环节。

目前,结构力学课程的教学总学时数逐渐被压缩,如何在有限的教学课时内,将计算机计算与定性分析的内容引入到结构力学的课程教学中是很多力学教育工作者共同关心的问题。笔者在结构力学的课程教学中引入了计算机仿真实验内容,这既激发了学生学习的兴趣,又拓展了学生的思维空间,使学生的分析能力与综合素质得到了提高。计算机仿真实验可以利用结构力学求解器,也可以利用一些通用的有限元计算软件来完成。这些计算软件结合多媒体技术为结构力学实验提供了便利。

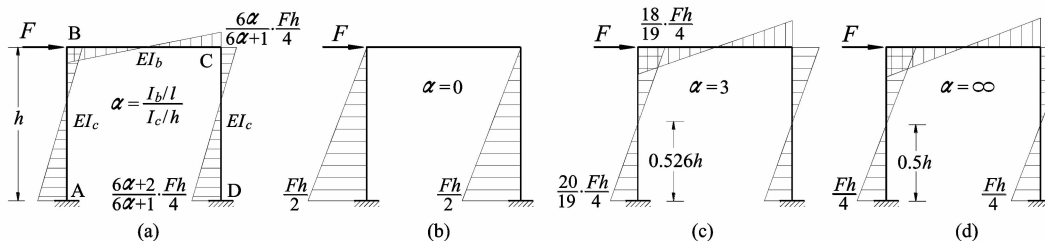


图4 门式刚架数值模型

在教学过程中,可以在每一个重要的知识点讲述完毕后,安排相应的计算机仿真实验内容,并增设相应的思考题,要求学生在教师完成实验后解答。例如:在讲述完超静定结构的内力计算后,建立一个门式刚架的数值模型(如图4-a),梁的线刚度  $i_b = EI_b/l$ ,柱的线刚度  $i_c = EI_c/h$ ,通过改变梁柱线刚度

比  $\alpha$ ,使学生能够直观地观察结构内力与变形的变化,增加学习的趣味性。在实验过程中,教师可以用提问的形式,引导学生运用课堂上学到的理论知识去发现问题,思考问题,并得出相应的定性分析结论。在本例中,当  $\alpha$  由零逐渐增加至很大时,梁端弯矩不断增大(由零增至  $Fh/4$ );柱的反弯点逐渐降低

且只在柱的上半部变动(由柱顶降至 $0.5h$ 处)。除了这些常规结论,还可以更进一步地探讨结点弯矩 $M$ 与线刚度比 $\alpha$ 的非线性对应关系。

将结构力学实验融入结构力学的教学过程中,使计算机技术与定性分析相结合,可以更进一步培养学生定性分析的能力,帮助学生运用计算机技术去解决工程实际问题。同时,这也是开展研究型教学的一条非常有效的途径。

#### (五)对工程实例的定性分析

由于结构力学的概念大都比较抽象,若不和实际问题联系起来,学生在学习过程中会觉得晦涩难懂,不易接受。如果能够在结构力学课程教学中加入工程实例的内容,并与结构定性分析的教学相结合,则可以使学生既能掌握力学的基本知识,又能了解一些力学的最新进展;既能培养和提高学生学习力学的的能力,又能加强学生的工程概念。

在连续梁的教学中,可通过多媒体手段演示一些典型桥梁的实例,使学生了解定性分析在桥梁初步设计中的应用。如:南京长江大桥,其正桥上的10孔钢梁除浦口岸1孔跨度为128米的简支梁外,其余9孔都是160米跨度、每3孔为一联的连续梁。对此即可提出为什么采用这样结构形式的疑问,回答这个问题就需要为学生讲述简支梁与连续梁的基本特点,比较不同支承方式对结构内力分布的影响,讨论简支梁与连续梁各自的优缺点与适用范围,然后依据分析的结论,讨论如何对结构的选型做出定

性的判断。经过对具体工程实例的定性分析,可以激发学生对力学课程的兴趣,拓宽学生的视野,不仅加强了学生对理论知识的理解和掌握,还能使学生学会运用新思想、新技术和新方法去研究和解决实际工程问题。

在教学过程中,教师应有意识地引导学生从生产、生活中的实例着手,学会观察和体会身边的力学现象,这样,学生学到的理论知识就不会是空中楼阁,才能真正成为将来工作中的有力武器。

### 三、结语

“创新是一个民族进步的灵魂”。结构力学教学应当以培养高素质的创新型人才为目标,不仅要使学生认识力学规律、掌握一定的理论知识,更要培养学生分析和解决实际问题的创新精神和创新能力。教学实践表明,将定性分析的内容引入到结构力学教学的过程中,是培养学生创新能力,全面提高学生综合素质的有效途径。

#### 参考文献:

- [1] 袁海庆. 结构力学概念的加强和力学综合能力的培养[J]. 理工高教研究, 2007(2): 103-104.
- [2] 袁驹. 一个基础, 两座大厦—结构力学课程改革的思路与实践[J]. 力学与实践, 1998(4): 56-58.
- [3] 单建. 趣味结构力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [4] 向宏军, 等. Mapple 在结构力学教学中的应用[J]. 力学与实践, 2010(2): 135-137.
- [5] 李廉锴. 结构力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

## Study on the Application of Qualitative Analysis in the Teaching of Structural Mechanics

XU Kai, CHEN Chao-feng, YANG Zu-quan

(College of Urban Construction, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, P. R. China)

**Abstract:** The content of qualitative analysis has been more and more extensively used in structural mechanics teaching, but the teaching method and the content system of qualitative analysis is imperfect. A combination between qualitative analysis and traditional structural mechanics teaching is discussed to solve this problem. A reasonable teaching system of qualitative structural mechanics is put forward to achieve the goals of improving students' abilities of analysis and comprehensive qualities. The teaching practice indicates that the new teaching mode can expand the teaching space and inspire students' interest in studying. It also shows that qualitative analysis helps to understand the mechanics principle with a greater depth and clarity and is beneficial to the improvement of teaching quality.

**Keywords:** structural mechanics; qualitative analysis; teaching research; content system

(编辑 周沫)