

ANSYS 在化工设备机械基础课程教学中的应用研究

武海棠

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为克服常规教学方法的不足,提出将 ANSYS 软件应用到化工设备机械基础的课程教学中,分析了其可行性与优势。实践证明,采用 ANSYS 软件进行辅助教学可以激发学生的学习兴趣,同时有助于培养学生分析工程实际问题的能力,提高了教学质量。

关键词:ANSYS;化工设备机械基础;教学改革

中图分类号:G642.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)08-0132-03 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.08.0132

化工设备机械基础是高等工科院校化工工艺类等专业的基础课之一,是工艺类学生学习和掌握化工容器和设备知识及其基本设计方法的必修课程。为了适应新时期国民经济建设和农林业发展对创新型人才的需求,在国家大力发展具有自主知识产权的技术与装备制造业的大环境下,农林类高校的化工设备机械基础课程应以课程质量建设为核心,以研究型教学为方向,通过改革教学方法、优化课程内容等手段,形成具有林业工程、生物质资源加工利用行业特色的化工设备机械基础课程教学模式。本文从化工设备机械基础课程的教学实际出发,结合课程特点,将有限元法软件 ANSYS 引入到课堂教学之中,以提高学生学习的积极性和分析能力,培养学生的创造性思维,同时对学生今后在工作中遇见的较复杂工程问题的解决大有裨益。

1 化工设备机械基础课程教学现状

化工设备机械基础课程的宗旨是在化学工程师与机械工程师的相关理论之间建立桥梁和纽带。本课程的特点是知识面广、信息量大、形象性和应用性强。通过本课程的学习,使学生掌握有关机械设备的基础知识和设计思想,培养既懂工艺流程又掌握机械设备设计方法的复合型人才。该课程是西北农林科技大学林产化工专业开设的一门专业基础课程。化工设备机械基础课程包括

三部分内容:工程力学基础、化工容器设计基础和化工设备常用机械传动装置设计计算基础。其中化工容器设计部分内容最多,学时最长,是化工设备机械基础课程的重点,掌握这一部分内容也是教学的主要目标。

然而,在课堂教学中发现,由于学生没有学过化工容器和化工设备的相关课程,加之空间想象能力较弱,所以在学习本课程时有一定的困难。该课程的一些知识点涉及到众多试验现象,例如:梁的弯曲变形、内压容器液压试验、外压容器失稳试验等。但由于实验条件的限制,国内大部分高校没有开设实验课。学生无法观察真实实验现象,自然无法深入理解相关知识点。另外由于学时数和语言的限制,遇到抽象难懂的内容,教师很难将图形、图像或一个动态过程表达清楚,调研发现学生常感到枯燥乏味,学习效率低下。因此,必须对传统教学方式进行了改革。教学软件的使用可以丰富教学手段,活跃课堂气氛,充分调动学生学习的内驱力,激发他们探索未知领域的欲望,增加教育的魅力。笔者在校级教改项目的资助下,对 ANSYS 软件在化工设备机械基础教学中的应用作了尝试,积累了一定的经验。

2 ANSYS 在化工设备机械基础教学中的应用

2.1 ANSYS 简介

ANSYS 是一款大型通用的有限元软件,它可以对各种力场、磁场、声场、电场等进行复杂分析,具备强大的仿真模拟分析功能,现已广泛应用于机械、土木水利、航空航天等众多工程领域。ANSYS 软件主要包含三个模块:前处理模块、分

收稿日期:2016-06-28

基金项目:西北农林科技大学教学改革研究资助项目(JY1503015)

作者简介:武海棠(1982-),男,安徽省宿州市人,博士,副教授,从事林产化工教学研究。E-mail:haitang345@gmail.com。

析计算模块和后处理模块。前处理模块主要用于定义模型求解所需的数据,包含实体建模和网格划分两项工作。用户可直接在 ANSYS 软件中建立几何模型,或者从其它软件中导入已有的模型数据和边界条件,然后根据具体问题选取恰当的单元类型,确定材料属性,划分单元网格。分析处理模块主要是对有限元模型施加边界条件并求解。用户可以将实际结构所受的各种载荷,简化处理后施加在有限元模型上,然后根据实际情况进行不同的有限元求解运算。后处理模块包括通用后处理器与时间历程后处理器,可以通过用户界面查看求解过程中的计算结果,包括结果位移、应力、结果路径曲线、矢量显示等^[1]。

ANSYS 软件的技术特点:(1)使用 ANSYS 可以对多种物理场进行同时分析,比如某一筒体即受外力又受热应力的热、力耦合场,压力管道中有流体和结构的耦合场等。(2)具有友好的用户界面及较强的自主开发功能,用户可以根据自己的需求通过自定义语言等功能开发属于自己的应用程序,并进行研究分析。(3)集合前处理、求解、后处理及结果模拟分析等功能于一体。(4)ANSYS 提供了多种与三维软件进行模型的导入、导出功能,修复了在提供的系统里建模较复杂的缺陷,导入的模型可以根据需要进一步修改。

2.2 ANSYS 应用于化工设备机械基础课程教学中的可行性

ANSYS 是国内非常流行的有限元分析商业软件包,目前已有在流体力学、材料力学等相关学科教学中引入 ANSYS 的报道^[2-3],取得了一定的成果。在科研方面,也常用于辅助复杂化工设备机械的设计与优化^[4],显示出极大的优越性和可靠性。在课堂教学中引入 ANSYS,从“软件”条件来说,当今大学生接受新事物的能力较强,对于 ANSYS 这样一个具有人性化操作交流平台的、性能可靠的软件包,学生在短时间内可以快速掌握使用技巧。由于学生在学习本课程前已经学习过工程制图等课程,所以对前处理模块中较复杂的几何模型的创建容易掌握。在教学案列中,学生可不用自己编程,也无需深入理解有限元的基本理论,教师可引导学生完成几何模型的创建、加载、求解、后处理等全过程,进而使学生逐渐领会 ANSYS 使用要领。对于部分有学习兴趣和、接触过 Matlab 软件的学生,教师可在课余时间辅导他们结合必要的编程完成复杂条件下的化工容器

的设计计算,进行更高层次的科研训练。从“硬件”条件来说,如今多数大学生都已配备计算机,ANSYS 的运行对计算机的配置要求不高,学生可在课余时间结合教师布置的作业进行 ANSYS 的操作训练。

2.3 ANSYS 应用于化工设备机械基础课程教学中的优势

化工设备机械基础课程理论知识较多,且实践性较强,教学中需要将理论研究和工程实际紧密结合。但是目前大多数化工设备机械基础实验为破坏性实验,例如圆轴的扭转变形、容器的气压实验、应力集中等,受实验条件限制,无法在实验室演示。因此,将 ANSYS 引入到本课程的教学环节中,凭借其强大的仿真模拟分析能力,将其应用于多媒体教学,可以利用动画的形式动态显示设备从加载到变形破坏的全过程,并且学生可以多次改变预设条件重复模拟实验过程,从而引导学生就一些实验现象进行深入思考、研究,有助于培养学生的分析思维能力,增强学生对化工设备的感性认识,弥补课堂理论教学的不足。另外使用 ANSYS 软件在解决一些容器设计问题时,软件的图形显示具有直观形象、信息丰富的特点,能够活跃课堂气氛,激发学生的学习热情。

传统的化工设备机械基础教学过程中,研究的对象是杆、轴、梁、典型回转壳体等比较简单的构件。而实际上,学生将来需要面对的是更为复杂条件下的化工设备机械的设计,如大型多鞍座卧式容器的分析计算、含缺陷厚壁超高压压力容器的设计,对于如何建立其力学模型,如何进行设计与计算等问题学生可能开始不知从何下手。ANSYS 是有限元力学分析软件中应用较为广泛且操作简单的一个。因此,在林产化工专业的化工设备机械基础及后续课程中,使学生加强对于有限元的认识并具备软件的使用能力,可增加一技之长,为后续的毕业设计及将来工作中遇到的复杂化工设备结构分析打下坚实的基础,从而提高其解决工程问题的能力。

3 课程教学应用实例

在化工生产中,外压容器是不可或缺的设备,例如真空储罐,减压蒸馏塔,蒸发器及蒸馏塔所用的真空冷凝器、真空结晶器等。承受外压的容器,在外压达到某一临界值之前,尽管壳体发生变形,不过当压力卸除后,壳体能恢复原来的形状,但是一旦当外压增大到某一临界值时,筒体的形

状会发生突变,出现不可恢复的被压瘪或褶皱现象,从而失去承载能力,这种现象称为外压壳体的失稳现象。导致壳体失稳的压力称为该壳体的临界压力,以 P_{cr} 表示^[5]。临界压力的计算是外压容器设计的关键环节。本节以一个典型的外压薄壁圆筒容器为例,利用 ANSYS 对外压圆筒容器的稳定性设计方法和临界压力的计算方法进行研究,将有限元分析结果与理论设计方法得到的临界压力值比较,验证外压容器稳定性设计方法的可靠性和合理性,引导学生掌握外压容器稳定性设计的要点、计算的工程意义,从而具备对工程实际结构中较复杂外压容器屈曲分析的能力。

实例:有一个化工生产使用的外压薄壁圆筒分馏塔,塔的内径 $D=2\ 000\text{ mm}$,塔身长 $L=4\ 000\text{ mm}$,设计压力 $P_c=0.1\text{ MPa}$,工作温度 $370\text{ }^{\circ}\text{C}$,材料选用 20R,弹性模量 $E=1.7\times 10^5\text{ MPa}$,泊松比取 0.3。由图算法计算得出壁厚取 $\delta=14\text{ mm}$ 较合适。

$$\text{其理论临界压力值为: } P_{cr} = 2.59E \frac{(\frac{\delta}{D})^{2.5}}{\frac{L}{D}} = 2.59 \times 1.7 \times 10^5 \times \frac{(\frac{14}{2000})^{2.5}}{\frac{4000}{2000}} = 0.903\text{ MPa}$$

(1)建立薄壁容器数值模型

选用的单元类型为 shell181,计算采用 ANSYS 软件的子空间迭代方法,模型中单元数量为 1 600,节点数量为 1 682。由于壳体两端需要与凸形封头等零部件相连接,因此对两个端面节点施加环向约束,在 $z=0$ 端面上约束 A 节点的轴向位移,为了保持两端面始终为圆形,在两个端面

节点上施加径向方向的耦合约束。

(2)几何非线性屈曲分析

在圆筒外表面施加单位载荷 $P=1\text{ MPa}$,几何非线性计算中设置模型的初始缺陷为 1.1 mm ,为壁厚的 8%。屈曲分析结果显示:特征值分析 $P_{cr}=0.989\text{ MPa}$,几何非线性分析 $P_{cr}=0.877\text{ MPa}$ 。

将理论临界压力值与有限元计算结果比较,结果显示得出的临界压力值与理论计算的临界压力值相差不大,特别是几何非线性分析结果和理论临界压力值很接近,相差仅 2.8%。而在实际的工程应用中,几何非线性屈曲分析的结果更符合实际情况,由此可以看出,ANSYS 对外压圆筒的屈曲分析是比较准确的。

4 结论

化工设备机械基础课程应用性强、涉及的知识面广。在化工设备机械基础教学中引入 ANSYS 软件,淡化了深奥复杂的数学运算,使得学生更易掌握该课程的核心内容,弥补了理论与实验教学不足,培养了学生的工程设计意识和数值模拟的能力,激发了学生的学习兴趣,为将来的学习深造和研究工作打下了扎实的基础,是一种较好的计算机辅助教学改革手段。

参考文献:

- [1] 王新敏,李义强,许宏伟. ANSYS 结构分析单元与应用[M]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [2] 张红霞,杜永胜. ANSYS 软件在流体力学教学中的应用研究[J]. 广东化工,2010,37(2):152-153.
- [3] 李艳洁,赵东,赵秀丽,等. ANSYS 软件在“材料力学”教学中的应用[J]. 中国林业教育,2009(S1):44-46.
- [4] 詹超. 浅析 ANSYS 技术在化工机械设计中的应用[J]. 山东工业技术,2015(17):22.
- [5] 赵军. 化工设备机械基础[M]. 北京:化学工业出版社,2007.

Research on Application of ANSYS in the Teaching of Mechanical Basic Course of Chemical Equipment

WU Hai-tang

(College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to overcome the deficiencies of conventional teaching methods, ANSYS software was introduced in the teaching of mechanical basic course of chemical equipment. The feasibility and advantage of applying ANSYS in mechanical basic course of chemical equipment teaching were analyzed. Practice showed that using ANSYS software to assist teaching could stimulate students' learning interesting, enhance students' ability in analyzing, solve engineering problems and improve the teaching quality.

Keywords: ANSYS; mechanical basis of chemical equipment; teaching reform