

CFD 模拟课程在建环专业本科生中的教学实践

李俊梅, 李炎锋, 樊洪明, 孙育英

(北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100124)

摘要:随着 CFD 技术在暖通空调领域应用的普及, 在建环专业本科生中开展 CFD 相关教学有助于提高学生的就业竞争力和科研能力。作者通过自身的教学实践, 就 CFD 教学用软件的选择、教学内容和教学方法的设置及考核方式等问题进行了探讨。CFD 模拟教学实践表明, 通过选择合适的 CFD 软件和适当的教学内容, 使本科生在较短的时间内掌握该工具解决不太复杂的专业问题是可行的。

关键词: CFD 模拟; 建环专业; 本科教学

中图分类号: G642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2012)03-0101-03

一、在建环专业本科阶段开设 CFD 模拟课程的背景及必要性

近年来, 随着建筑技术的发展, 高大空间建筑及各类造型复杂的建筑数量逐渐增加, 建筑节能概念普及, 人们对居住环境要求日益提高, 使传统的暖通空调设计与分析方法已不能满足现代建筑的要求, 用 CFD 技术进行暖通空调系统的辅助设计、相关节能分析及系统的优化运行已是大势所趋。利用 CFD 模拟技术辅助进行通风空调系统设计对可能的方案进行评估、改进、优化, 改变了传统空调通风系统的设计过程, 可以使设计过程更加科学, 提高了设计质量和效率^[1-3]。基于此, 应用 CFD 技术辅助进行暖通空调系统设计和方案分析在国外一些大型建筑顾问工程公司应用已非常普遍, 而国内近年才得到设计单位的重视。过去, 作为培养研究生科研能力的类似的数值模拟分析课程只在研究生阶段开设。然而, 随着 CFD 技术应用的普及, 本科生对 CFD 模拟技术的兴趣越来越浓, 部分学生已意识到 CFD 模拟技术的重要性, 用于毕业设计或针对本科生设置的研究项目已较常见。但由于本科阶段所学知识有限, 多数人对 CFD 的理解处于一知半解阶段。现有的 CFD 软件使用已“傻瓜化”, 使得没有相应的 CFD 相关知识的人也能掌握基本使用方法和运行技巧。对本科生使用 CFD 情况的调查发现, 多数人只会依据案例简单运行操作, 对于边界条件的正确设定、网格的划分、湍流模型的选择、收敛准则的设定、模拟结果的合理性判定及结果的深度分析等方面存在诸多问题。大多数人以为只要运行收敛了, 结果就肯定正确。鉴于 CFD 目前在专业领域内的重要性以及本科生使用 CFD 中存在的诸多问题,

收稿日期: 2011-11-16

基金项目: 北京工业大学 2011 教育教学研究项目 (ER2011-C21)

作者简介: 李俊梅 (1970-), 女, 北京工业大学建筑工程学院副教授, 博士, 主要从事建筑火灾安全、建筑节能研究, (E-mail) lijunmei@bjut.edu.cn。

在本科生中专门设置 CFD 模拟课程,使学生通过学习掌握一定的 CFD 知识和 CFD 软件的使用技巧,能够运用 CFD 软件对暖通空调房间室内气流组织进行正确地模拟、分析、计算。这不仅有助于提高本科生的就业竞争力,而且有助于加深学生对空调、供暖、流体力学及传热学等课程相关概念的理解^[4-5]。

二、开设 CFD 模拟课程的教学实践

北京工业大学建筑环境与设备工程专业在 2007 级本科教学计划中设置了 CFD 技术模拟课程。鉴于现有学生的基础,该课程作为实验性质并没有设置过多的课时,而是与建筑火灾控制技术作为一门 32 学时的任意选修课程。从学生选修情况来看,尽管该课程属于任意选修课程,仍有近 90% 的学生选择了学习。笔者有幸成为该课程的主讲教师,参与了该课程教学大纲的制订,并编写了相应的教案。

(一)教学用 CFD 软件的选择

目前,市面上用于 CFD 模拟的商用软件主要有 Fluent、PHOENICS、CFX、STAR - CD 等。不同的软件在不同方面和计算领域有各自的优势,但作为本科教学用软件,受学生知识和能力的限制,应尽量选用比较成熟、使用简单且专业性强的软件作为教学用软件。为此,笔者选用了 Fluent 中面向 HVAC(供暖通风和空气调节)领域工程师的专业人工环境系统分析软件 Airpak 作为教学用软件。国内外多年来的工程实践和相关研究结果表明, Airpak 可以精确地模拟所研究对象内的空气流动、传热和污染等物理现象,并依照 ISO7730 标准提供舒适度、PMV、PPD 等衡量室内空气质量(IAQ)的技术指标。该软件的突出特点之一是易学易用,其中网格生成与解算都是自动进行,不要求用户有专业的流体力学知识,这对于初学者来说至关重要,初学人员可以在较短的时间内掌握软件使用的相关技巧。同时,该软件还提供了强大的图形化后处理功能和完整的数值报告,可以实时显示气流运动情况及整个求解区域内的流场分布状况^[6]。

(二)CFD 模拟课程教学内容的设置和教学方法的选择

由于 CFD 模拟课程自身的特点,该课程主要采取理论教学与上机实践相结合的教学方式,且上机实践所占的比例大于理论教学。因此,课程理论课时只设置了 12 学时,上机实践全部占用课后时间,没有学时限制,学会为止。理论课程主要讲述有关

CFD 的一些基本理论,包括:CFD 的技术基础,主要讲述描述流体与换热现象的控制方程以及求解这些方程的定解条件;数值求解的基本过程,使学生了解数值模拟求解的基本过程;计算区域和方程的离散方法,使学生了解控制方程和区域离散的基本方法;湍流问题的数值模拟方法,简单介绍描述湍流问题常见的湍流模型及湍流问题的数值模拟方法;CFD 在暖通空调领域内的应用,使学生了解 CFD 在专业领域内的使用场合;CFD 的局限性,使学生知晓 CFD 虽然模拟功能强大,其模拟结果的准确性仍然受多种因素限制。

在上机实践中,通过 Airpak 自带的算例及教师自行设计的案例讲述在模拟过程中如何建模、设置和简化边界条件、划分计算区域网格、细化局部、选择流动模型原则、设定收敛标准等,在求解过程让学生了解收敛趋势的判定,模拟结果不合理或计算过程不收敛时改进的技巧。通过教师的指导和学生的实践,使学生对 CFD 模拟有了更进一步了解,并能初步掌握 CFD 模拟的基本技能。

(三)CFD 模拟课程的考核

学习 CFD 模拟课程的目的是为了让学生能更好地掌握 CFD 模拟基本知识,熟练地使用 CFD 软件解决所遇到的暖通空调领域的实际问题,并能进行相关分析。基于此,笔者采取上机操作结合最后公开答辩的方式检查学生学习效果。在题目的设置上,为防止学生相互抄袭,采用每人模拟一个案例的方式进行考核,模拟案例涉及空调房间内冬夏季的气流组织,房间内不同分隔方式对气流组织的影响,不同供暖方式下室内的环境状况,不同通风模式下室内的气流组织等内容。为加深学生对所学过专业知识理解,每个学生的案例中至少包括了两种不同的设计方案,如:送、回风口位置和数量的改变,送风温度和速度的改变,外界环境条件的改变,围护结构热特性的改变,室内热源大小位置的变化,散热器数量和位置的改变,散热器采暖和地板辐射采暖对房间人员活动区环境的影响等。学生通过完成模拟,不但初步掌握了 CFD 模拟的使用技巧,同时模拟结果也直观地显示出不同的设计方案、不同的外界环境和围护结构特性对室内的气流组织和室内环境的影响,这是相关专业课课堂教学所不及的。

(四)CFD 模拟课程的实施效果

从考核结果来看,90% 的学生能独立完成模拟

计算,并对模拟结果进行正确的分析,少数学生需教师进一步指导才能完成最终模拟。课程结束后,学生对用 CFD 进行室内环境的相关模拟分析兴趣日益提高。在 2007 级随后进行的课程设计和毕业设计,部分学生已自觉将 CFD 模拟用于方案设计与分析。在一年一度的本科生星火基金项目申请中,使用 CFD 模拟技术进行相关研究的学生比例日益增多,课程教学达到了预期的教学目标。

三、结语

随着经济和社会的发展,舒适和节能已成为当今建筑环境设计的基本课题。传统的借助于经验公式的设计分析手段已不能满足现代建筑的设计要求,CFD 模拟技术以其经济、高效、资料完备等优势逐渐成为暖通空调领域内开展科学研究、进行工程设计的主要手段之一。基于此,在建筑环境与设备工程专业本科生中开展 CFD 教学符合专业发展和人才需求的方向。CFD 模拟课程教学实践表明,通过选择合适的 CFD 软件和适当的教学内容,使本科

生在相对较短的时间内掌握该项工具去解决不太复杂的专业实际问题是完全可行的,同时,也为其后续使用奠定了基础。

参考文献:

- [1] 龚光彩. CFD 技术在暖通空调制冷工程中的应用[J]. 暖通空调,1999,29(6):25-27.
- [2] 裴锋,何启林,贾群. 暖通空调 CFD 技术应用现状及展望[J]. 制冷与空调,2003(3):56-58.
- [3] 赵彬,李先庭,彦启森. 用 CFD 方法指导通风空调设计[J]. 制冷与空调,2001,1(5):11-15.
- [4] 李炎锋,李俊梅,樊洪明. 建筑环境与设备工程专业开设数值模拟课程的探索与实践[J]. 高等建筑教育,2008,6(17):131-134.
- [5] 李俊梅,简毅文,李炎锋,陈超,简洁. 在建环专业本科生中推广 CFD 教学的必要性和可行性研究[J]. 土木建筑教育改革理论与实践,2010(12):361-364.
- [6] Fluent Inc. Airpak 2.1 教程指南[Z]. USA, 2002.

CFD simulation technique in undergraduate teaching of building environment and facility engineering specialty

LI Jun-mei, LI Yan-feng, FAN Hong-ming, SUN Yu-ying

(College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China)

Abstract: With the widely application of CFD in the field of HVAC (heating, ventilation and air-conditioning), it is helpful to strengthen the competing capacities and improve the research capabilities of undergraduate students majored in building environment and facility engineering if they have some CFD knowledge. However, how to teach CFD to the undergraduate students is not very clear because of their limited knowledge. Based on our teaching practice, we discussed on the selection of CFD software for the teaching use, teaching contents and teaching methods, and assessment methods of CFD teaching.

Keywords: CFD simulation; building environment and facility engineering specialty; undergraduate teaching

(编辑 梁远华)