

Fluent Software Combined with the Computational Fluid Dynamics Course Teaching and its Application Example

XU Shu

School of Mechanical Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang, China
Gladxushu@163.com

Abstract: This paper describes the commercial software FLUENT widely used in computational fluid dynamics and discusses the feasibility of direct combination between the FLUENT and teaching. Trial teaching practice shows that comparing to traditional classroom teaching, this method can further stimulate students' interest in computational fluid dynamics and deepen students' understanding on the basic theory and practical engineering applications, consequently improve the quality of teaching.

Keywords: Fluent, computational fluid dynamics, teaching reform

Fluent 软件与计算流体力学课程教学的结合及应用实例

徐 舒

江苏连云港淮海工学院机械工程学院, 江苏连云港, 中国, 222005
Gladxushu@163.com

摘要: 本文介绍了目前广为使用的计算流体力学软件 FLUENT, 并探讨了将 FLUENT 软件直接与计算流体力学课程教学结合的可行性。由教学实践表明: 相比于传统课堂教学, 此教学方法能进一步激发学生对计算流体力学的兴趣并加深对基本理论的理解与实际工程应用, 从而提高教学质量。

关键词: Fluent, 计算流体力学, 教学改革

1 引言

Fluent 公司是全球最大的计算流体力学 (CFD) 软件供应商和技术服务商。Fluent 公司设计的 Fluent 软件是个工程运用的软件, 并且针对每一种流动的物理问题的特点, 采用适合于它的数值解法, 在计算速度、稳定性和精度方面达到最佳。众所周知, FLUENT 软件拥有多种优化物理模型, 如定常流和非定常流、不可压缩和可压缩流动、层流; 紊流、传热、化学反应等。

Fluent 软件包的前处理器是 gambit, gambit 具有前处理器建模及网格划分的功能, 是进行数值模拟计算前处理器的首选。Fluent 求解是 fluent 的核心部分, 数值方法是基于有限体积法。Fluent 软件有自带的后处理功能, 有的使用者更倾向用 tecplot 对 fluent 结果进行后处理, 因为 tecplot 易学并且功能也很强大, 操作界面非常友好。由于采用了统一的前、后置处理工具, 在各种软件之间可以方便地进行数据交换[1]。此外, 由于数值

模拟相对于实验研究具有成本低、周期短、获得数据完整等特点, 能模拟出实际运动过程中各种所测数据状态, 所以对于设计、改造等实际应用起到重要指导作用。众所周知, 具有强大计算功能的 Fluent 软件除了在工程设计中广为应用之外, 而 Fluent 软件如何与计算流体课程相融合一直是工科院校教师比较头疼的问题, 因为学生在校时间只为 2-3 年, 并且实践经验少, 在这么较短的时间内熟练掌握一门软件不是一件容易的事。在讲述方法之前, 我们先了解计算流体力学课程的情况。

2 计算流体课程的情况

计算流体力学不仅基于经典的流体力学或水力学理论, 又依赖于现代计算技术。随着计算机技术的快速发展, 计算流体力学 (Computational Fluid Dynamics, 简称 CFD) 已超越了其传统的外延和内涵, CFD 已不再仅仅是一些数学理论和概念, 正成为一门建立在经典流体力学

与数值计算方法基础之上的新型独立学科[2]。从古至今,造船、航海、治水、航空技术、治水工程、生物技术、环境科学等,无不渗透着流体力学的相关理论。在强调交叉学科对科学进步具有重大意义的今天,计算流体力学成为大部分工科学生的必修基础课程,主要涉及的专业有机械、能源 动力、化工、环保、石油、冶金乃至工业自动化等。该课程的特点是抽象、枯燥、难懂,应用的数学公式较多,大部分学生对学习计算流体力学都有棘手的感觉。因此为了提高课堂效率,很多教师陆续地抛弃以往传统黑板教学模式,取而代之以多媒体课件为主要手段。目前的课堂教学的依然在不断的进行着各种各样的教学改革探索[3] [4] [5]。然而这些教学手段、方法根本无法从本质上的摆脱“填鸭式”式教学模式。由于课时的不断被削减,主讲教师虽然大量采用多媒体技术用于课堂教学,但是学生只是像看电影一样,无法理解基本原理。多媒体教学只能留于表面文章,并不能从根本上解决实际问题。

3 Fluent 软件与计算流体力学课程教学的结合

由于计算流体力学课程的状况已经不符合时代发展的要求, Fluent 软件与计算流体力学课程教学的结合势在必行。在实施教学改革过程中做到如下几点:

首先应该选用一本基础教材,然后根据本专业的实际情况编写带有适当精选 Fluent 教学演示算例编写一本辅助教材。这样好的教材是进行教学的重要前提。算例的选取可遵循简单与有代表性的准则。简单的算例能减少计算机的运行时间,也有利于减少教学时间;而有代表性的算例贴近工程实际,则有利于提高教学趣味性,同时开阔学生的视野。对于普通工程类专业的学生来讲,最关心的是如何用 Fluent 软件来解决本领域的工程实际问题,因此,只需对计算流体力学的理论有一个宏观了解,关键是掌握计算流体力学在建模、离散、选择湍流模型及时间积分格式的特点,学会如何编制自己课题的程序。

其次,在教学过程中采用因人而异教学法,考虑到计算流体力学具有直接解决流体流动问题的功能性。在本课程中,每位学生都要在教师的引导下,在课程初期就确定一个与自己研究方向相关的模拟题目,然后带着问题进行课程学习。课程的每个环节都使学生对问题的认识深入一步了解。学生对自己的问题的解决方案就是核定学生成绩的重要依据。这样使学生的学习目标明确、积极主动性高、进步快,得到良好的效果。

最后,是一定要在课后留一些算例要求学生去做,促使学生课后一定要多看一些相关的算例书籍。文献[6]和[7]是国内出版的两本中文算例书。文献[6]的算例比较通俗易懂,适合纯软件的学习。文献[7]的算例大部分是从工程实际角度出发,照着操作就可以了,以后遇到实际的问题可以联系到书中的算例,并且对照着能进行循规蹈矩操作计算就可以了;这对于软件的提高也很有帮助。学生要脚踏实地去做算例,并且经常反复比较各个算例的异同有利于积累和提高。看了一定的算例之后,再回过头来看帮助文件,会觉得比较容易接受。同时,可以与别人的讨论,如向师哥师姐请教或向相关优秀论坛进行发帖请教。优秀论坛包括:仿真论坛、流体中文网等。每计算完一个算例,最好认真进行总结。在教学过程中,我们在不断解决一些与本专业相关的工程实例,其中蒸发相变为化工过程设备较为常见的现象。通过模拟为设备设计奠定了良好基础。下面为一成功算例,为工程实践节省了一大笔开支。

4 Fluent 软件应用算例

本算例为根据工程应用的实际要求进行两相流及传质模型对壳侧制冷剂在管壳式蒸发器管束外的流动及沸腾传热进行了模拟,研究两相流体绕流换热管束时的流动状态及特点,蒸发器的换热性能,为进一步研究蒸发器内流体传热过程奠定基础。该模拟过程需要编写 udf,有一定的难度。

4.1 蒸发模型

制冷剂受热从液相变为气相过程中,两相间存在传质现象。在 Fluent 软件中多相流模型假定了各相质量不变的原则,故在两相流属性中增加描述蒸发相变过程中的质量传递的 udf 子程序。本文采用李文和传质模型,即假设相变在压力不变的准静态热平衡条件下进行质量传递。

4.2 模拟结果

图 1 分别给出了管束异型排列、正三角形排列和正方形排列模型下,两相流体绕流换热管的气相体积分数云图。图中深色部分为制冷剂液体,浅色部分为制冷剂蒸汽。然而在流体速度较低区域,有大量气泡聚集如正方形排列模型中,前后管之间的区域。管束异型排列模型中位于无管区域的制冷剂气泡较正三角形来得细小,且较正方形模型来得密集,这主要是由于正三角形排列模型中,由于中心区域管束加热形成的制冷剂气泡无法

迅速摆脱换热管间狭小空隙的束缚,在管间停留时间较长使得气泡得到进一步受热长大。而在异型排列模型中,由于管束的分块排布及倾斜通道,使得制冷剂蒸汽

能迅速脱离管束的约束,进入壳程通道中的无管区域,而不会过多的在管层间聚集。

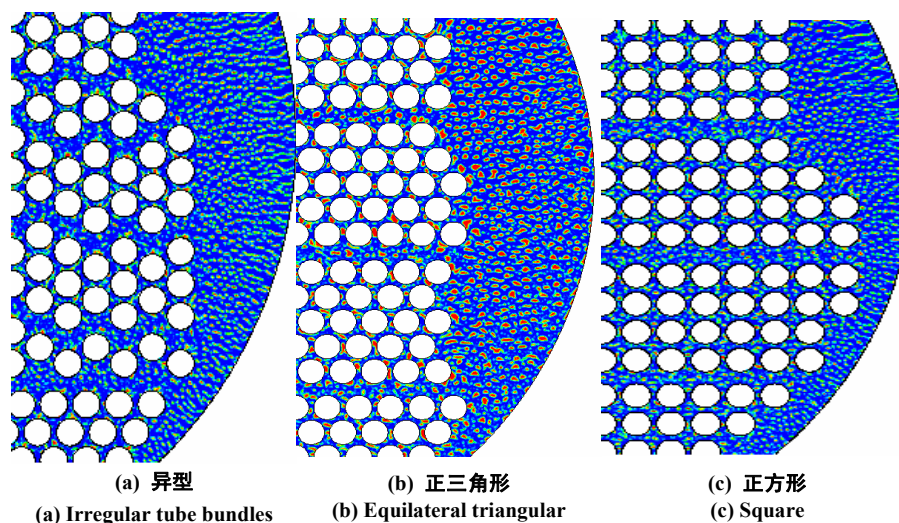


图 1 体积分数云图

Fig.1 Volume fraction contour

4.3 蒸发器传热性能

通过 Fluent 软件对计算模型中各局部管束管壁面的换热情况进行监测,得到 3 种排列模型中各局部区域管束的换热系数,异型排列模型的换热管对制冷剂的沸腾传热性能上优于其它排列模型。这主要是由于异型管束排列的特殊性,制冷剂受热所形成蒸汽气泡能有效迅速的从分块间的倾斜通道进入壳程通道无管束区域,从而一定程度上促进了低温制冷剂接触换热管壁面。在正三角形排列模型中,由于管束块之间的空隙是水平陈列及蒸发器内管间空隙曲折的缘故,使得布管区域中心位置的换热管处的制冷剂蒸汽较难脱离管束的约束,容易在管之间形成气泡堵塞阻碍低温制冷剂的补充。正方形排列模型中,其换热管间垂直通路的缘故使得管间气泡对低温制冷剂的阻碍略低于正三角形排列,故正方形排列管的传热性能稍强于正三角形排列。

这样不用实际生产蒸发器,通过模拟就可以得出正确的结果,节省了大量生产成本。

5 总结

通过将 Fluent 软件引入计算流体力学,使得该课程的实用性提高,将计算流体力学理论与应用过程中本质的内容融会贯通,使学生可以解决工程实际问题;同时也将软件研究的前沿课题详细介绍。在整个授课过程中做

到针对性强和重点突出。这样不仅深入探讨高等教育教学改革,提高教学质量,而且丰富了多媒体的教学模式。这一切的实现是以主讲老师要有雄厚的理论知识和 Fluent 软件娴熟操作的能力为前提。综上所述,将 Fluent 软件引入计算流体力学教学方式拓宽了学生视野,大大提高了学生学习的积极性。

References (参考文献)

- [1] GuoJing. FLUNET - CFD leader [M]. Beijing Heike technology development limited Liability Company, 2007.
- [2] WangFuJun. Principle and application of computational fluid dynamics [M]. Beijing: tsinghua university press, 2004.
- [3] ZhangJun, LinHan, LiFan. Fluid mechanics curriculum counseling CAI design [J]. Journal of modern Chinese education equipment, 2006, 12.
- [4] ChenXiaoShan, HongWenPeng, Zhang ling. Thinking of engineering fluid mechanics curriculum reform [J]. Journal of northeast dianli university, 2006, 3.
- [5] MaoXinWei MaoGenHai. Teaching reform of digital fluid mechanics teaching system curriculum [J].journal of mechanics and practice, 2004, 6.
- [6] Jiangfan, HuangPeng. Advanced application and example analysis of FLUENT [M]. Tsinghua university press, 2008.
- [7] HanZhnZhong, WangJing, LanXiaoPing. Fluid engineering simulation calculation examples and application [M]. Beijing: Beijing university press, 2007.