

基于数值模拟技术的工程热力学数字实验在云课堂中的实践

张亮¹ 柏金¹ 李威¹ 李蕊²

1. 江苏大学能源与动力工程学院, 中国·江苏 镇江 212000

2. 徐州市运河高等师范学校, 中国·江苏 徐州 221000

【摘要】工程热力学实验教学中引入了数值模拟仿真实验, 并基于互联网和集群系统构建了数字实验室云课堂。引导学生开展数字云实验, 提升了实验现象观测的便利性, 突破了传统实验教学对实验教学地点和实验规模的限制, 提高工程热力学实验教学效果。

【关键词】工程热力学; 实验教学; 数值模拟; 云课堂

能源动力类“新工科”人才注重实践能力培养, 工程热力学是能源动力类专业基础课, 工程热力学实验教学的重要性逐渐凸显, 实验教学有助于将复杂的物理理论可视化, 提升学生的理论应用、问题分析和思维能力。

1 《工程热力学》课程

1.1 课程内容及课程特点

工程热力学的内容分为基础理论和工程应用与实验两大部分, 工程热力学知识结构如图1所示。工程热力学是除理论基础外还包括工程应用及实验内容。课程注重培养学生的理论计算和工程实践能力, 要求学生能够分析工程热能转化效率问题并提出优化方案。



图1 工程热力学课程框架

工程热力学涉及的知识点繁杂且抽象, 属于典型的“难教、难学、难考”三难课程。目前, 多以“教授”方式为主, 教学内容虽然理论体系完整, 但对现代工程中的学科交叉新问题却鲜有涉及。

1.2 教学现状

目前, 工程热力学教学存在内容不新, 教学方法新, 教学手段不新等“三不新”问题。这与培养创新型和研究型“新工科”人才的要求存在差距。在工程应用及实验教学方面教学手段单一。工程应用主要依赖多媒体进行“放电影式”课堂教学, 实验教学则以演示加分组重复实验为主, 缺乏互动性, 已经很难满足新工科人才培养要求。

近年, 伴随云课堂的出现, 教学方式出现变革。大学课程的教学改革多集中在网络课堂的建设方面。在实验教学方面, 受到实验设备和实验场地的限制, 实验教学的云课堂教学模式改革面临挑战。因此, 急需探索一种适合实验云课堂的新型实验教学手段。

2 数值模拟在《工程热力学》云实验课堂的应用

数值仿真是一种依托计算机平台基于数值计算软件开展的模拟实验。相较于传统实验, 数字实验不需要机械设备和测量仪表, 无实验场地限制, 在个人电脑上即可开展实验。此外, 数值实验的数字化特性, 使其在云课堂实验教学方面存在较大潜力。

高等教育中数字实验的探索初显成效。在自动控制原理^[1]和大学物理实验^[2]中已有数值实验的报道。在能源动力类的基础课程包括流体力学和传热学的教学实践中也有开展数值实验的相关案例^[3], 有资料表明本科课堂上开展数值模拟实验可有效提升教学效果。

上述数值实验教学实践均采取线下模式, 近年大学教育变革向线上云课堂方向发展。目前, 关于线上数值模拟实验云课堂的教学改革实践的相关报导较少。对于实验教学的能源动力类学科而言, 开展数字实验云教学的改革探索

十分必要。

2.1 云课堂数字实验平台的构建

基于数字模拟仿真技术构建数字实验云平台,是将实验课堂搬入“云端”构建“云实验课堂”的重要途径。能源动力类工程问题的数值模拟平台主要有ANSYS和 OPENFOAM等。将上述平台集成到集群系统中并通过互联网连接到分布式终端,学生即可在个人终端进行数值仿真云实验。

云课堂数字实验平台依托服务器构建,数值仿真平台方便依托互联网建立云实验平台。如图2所示,云实验平台由计算集群服务器和操作端(PC)构成,二者通过互联网通讯,一个集群服务器可同时连接数十个操作端,满足多人同时开展数字实验的需求。基于数值仿真技术构建的云数字实验室,进行多学科的实验任务。与传统实验室相比,数字实验室既不需要配置实验装置,且运行和维护成本低,安全性好,数据测量便捷。

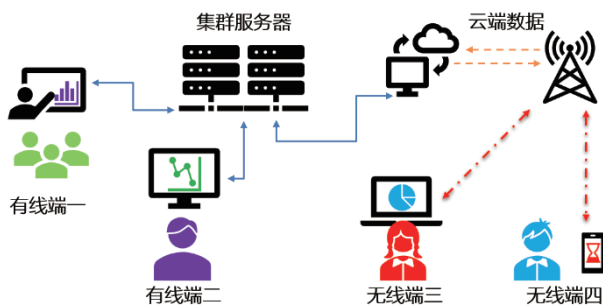


图2云实验平台结构示意图

2.2 基于数值模拟的云数字实验案例教学

数值模拟案例教学一般由简单二维稳态流动计算逐步加深到三维非稳态热流体的计算,通过步步加深的方式将知识点融入其中。以喷管内的气体流动问题为例,其操作流程如图3所示。最终可获得喷管内流速分布,马赫数分布(如图4所示)等。学生通过实际操作直观感知变量的分布和变化,再通过分组讨论充分调动学生的积极性。

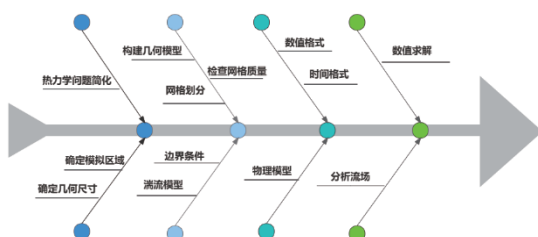


图3数值仿真实验操作流程

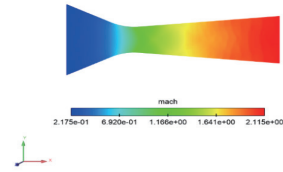


图4数值仿真结果

引导学生进一步开展瞬态计算仿真,获得变量时间的变化规律。数值仿真测量任意变量随时间的变化规律,弥补了传统实验方法对关键变量“难测量”、“测不准”的缺点,有助于深入理解热力学问题。此外,数字云实验有良好的扩展性,学生的个人电脑可接入数字实验室服务器,进行模拟实验操作。避免了传统实验中因设备数量不足,无法保证每个学生都独立实验的问题。有效保障教学质量。

2.3 基于数值模拟云实验的考核方式改革

数字云实验强调专业技能考察,注重问题简化和数值仿真分析的考察。考察内容包括,(1)作业及考勤(20%)。(2)客观题(40%),(3)自选分析题(40%)。学生选择任意分析题进行仿真。允许学生查阅资料自主建立团队协作完成,培养其团队协作能力。

3 结论

将数值模拟仿真技术与工程热力学实验云课堂相结合,探索了数字热力学实验室的构建方式,并开展了数字云实验教学实践。数字云实验课题突破了传统实验教学的时空限制,极大提升了实验教学质量。数值模拟仿真实验容易将工程应用实例中抽象的热力学理论具象化,是提升学生专业理论知识的重要途径,为其在后期科学研究和工程应用中解决热力学问题提供支撑。

参考文献:

- [1]徐露兵,叶杨飞,陈国泉.基于MATLAB与自动控制原理的稳定性分析教学研究[J].科技风,2021(28):102-104.
- [2]水涛.基于MATLAB处理大学物理实验数据探究[J].现代商贸工业,2022,43(10):187-188.
- [3]胡万玲,管勇,雷鹏帅,孙三祥.硕士研究生数值传热学课程教学探索与实践[J].大学教育,2021(06):29-31.