

针对机械设计专业的《工程热力学与传热学》 教学内容优化

邹亚男, 何有为, 罗金良, 密腾阁, 康晓民, 王天石^{*}

南华大学机械工程学院, 湖南 衡阳 421001

DOI: 10.61369/ETR.2025380036

摘要 : 随着“中国制造2025”战略的深入推进和制造业的智能化、绿色化转型, 对机械设计与制造专业人才的知识结构与工程实践能力提出了更高要求。《工程热力学与传热学》作为一门研究能量转换、传递与利用规律的专业基础核心课, 其知识体系深度嵌入现代机械产品的设计与制造全流程。然而, 传统的课程教学模式存在与机械专业主干课程脱节、重理论轻实践、教学方法单一等问题, 导致学生难以建立知识关联, 无法有效将热力学与传热学原理应用于解决复杂机械工程问题。本文旨在分析当前课程教学的现状与不足, 并从课程目标重塑、教学内容重构、教学方法创新、实践环节强化及考核体系改革等方面, 系统提出一套针对机械设计与制造专业的课程设计优化方案。该方案的核心是突出课程的“机械”属性, 强化其作为“使能技术”的关键作用, 从而显著提升学生在热流体系统设计、产品热管理、能效优化及先进制造工艺理解等方面的核心能力, 为其成长为卓越工程师奠定坚实基础。

关键词 : 工程热力学与传热学; 机械设计与制造; 课程优化; 教学设计

Optimization of Teaching Content for "Engineering Thermodynamics and Heat Transfer" in Mechanical Design Majors

Zou Yanan, He Youwei, Luo Jinliang, Mi Tengge, Kang Xiaomin, Wang Tianshi^{*}

School of Mechanical Engineering, Nanhua University, Hengyang, Hunan 421001

Abstract : With the deepening of the "Made in China 2025" strategy and the intelligent and green transformation of the manufacturing industry, higher requirements have been put forward for the knowledge structure and engineering practice ability of mechanical design and manufacturing professionals. As a fundamental core course that studies the laws of energy conversion, transfer, and utilization, Engineering Thermodynamics and Heat Transfer is deeply embedded in the entire process of modern mechanical product design and manufacturing. However, the traditional curriculum teaching mode has problems such as disconnection from the main courses of mechanical engineering, emphasis on theory over practice, and single teaching methods, which make it difficult for students to establish knowledge connections and effectively apply thermodynamics and heat transfer principles to solve complex mechanical engineering problems. This article aims to analyze the current situation and shortcomings of course teaching, and systematically propose a set of course design optimization plans for mechanical design and manufacturing majors from the aspects of reshaping course objectives, reconstructing teaching content, innovating teaching methods, strengthening practical links, and reforming assessment systems. The core of this program is to highlight the "mechanical" attribute of the course, strengthen its key role as an "enabling technology", and significantly enhance students' core abilities in thermal fluid system design, product thermal management, energy efficiency optimization, and advanced manufacturing process understanding, laying a solid foundation for their growth into outstanding engineers.

Keywords : engineering thermodynamics and heat transfer; mechanical design and manufacturing; curriculum optimization; instructional design

一、课程的重要性与当前存在的问题

(一) 《工程热力学与传热学》课程对机械专业的重要性

机械设计制造及其自动化专业是培养具备产品设计、制造工艺、系统集成及自动化控制能力的复合型工程技术人才的摇篮。

在当今时代背景下, 机械产品正朝着高效、精密、智能、绿色的方向发展。无论是传统的内燃机、压缩机、制冷空调设备, 还是新兴的新能源汽车、高功率密度电子设备、增材制造(3D打印)、激光加工装备, 其性能的突破与可靠性的保障, 都离不开对能量转换效率与热量传递过程的精确掌控。《工程热力学与传热学》

正是提供这些核心知识与分析工具的关键课程。该课程由工程热力学和传热学两大部分构成。热力学主要研究热功转换的规律、限度与方向，为解决动力机械的能效问题、优化能源利用方案提供理论依据；传热学则研究热量传递的三种基本方式（导热、对流、辐射）及其控制方法，是解决机械结构热变形、电子元器件散热、材料热处理工艺等问题的基石^[1]。因此，该课程并非孤立的理论学科，而是紧密连接“机械设计”与“机械制造”两大核心领域的桥梁和纽带。

任何涉及能量转换的机械系统，如汽车发动机、燃气轮机、液压系统、压缩空气系统等，其工作过程本质上都是热力学过程。学生通过学习热力学第一定律（能量守恒）、第二定律（熵增原理、熵分析），能够科学分析系统的能量流向、计算效率、识别能量损失环节，从而为设计更高效率的动力装置或对现有系统进行节能改造提供定量分析工具。例如，在汽车发动机设计中，运用热力学循环分析（如奥托循环、狄塞尔循环）可以预测发动机的理论效率极限，指导进排气系统、燃烧室形状等关键参数的设计。此外，现代机械装备日益精密化和高功率化使得热管理已成为决定产品性能、寿命与可靠性的关键。无论是新能源汽车的电池包、电机与电控系统，还是高端数控机床的主轴、伺服驱动器，亦或是服务器芯片，都面临严峻的散热挑战。传热学知识使学生能够设计有效的散热方案，如选择散热器型式（翅片、热管）、计算所需风量/液流量、预测关键部位的温度场，避免因过热导致的性能衰减或失效。这是保证机械产品在苛刻工况下稳定运行的核心能力。泵、风机、压缩机、涡轮机等流体机械，以及冷凝器、蒸发器、散热器等换热设备^[2]，是众多机械系统不可或缺的组成部分。这些设备的设计与选型，直接依赖于工程热力学中工质性质、流动过程分析，以及传热学中的对流换热系数计算、换热器效能-传热单元数法等核心知识。掌握这些内容，学生才能胜任相关领域的研发工作。

综上，《工程热力学与传热学》课程是机械专业学生从学习基础理论向解决复杂工程问题跨越的关键一环。对课程进行面向机械设计与制造专业需求的深度优化，已成为一项紧迫而重要的教改任务^[3]。课程优化的首要前提是清晰界定其价值。必须让学生和教师都深刻认识到，这门课程不是额外的负担，而是机械工程师知识库中的“战略武器”。课程优化的目标，就是要让这些潜在的作用显性化、具体化，让学生能够真切地感知和运用。

（二）当前课程教学中存在的主要问题

审视当前许多高校机械专业的《工程热力学与传热学》教学，普遍存在“为教而教”的倾向，课程定位模糊，未能充分彰显其对机械专业的独特价值和支撑作用。学生往往感到课程理论深奥、公式繁多、计算枯燥，学习目的不明确，被动接受知识后难以迁移应用^[4]。这种“学用脱节”的现象严重制约了人才培养质量的提升。此外，对机械专业的本课程教学中，教学内容往往沿用动力、能源等专业的体系，过于强调热力发电厂、制冷循环等宏观系统，与机械设计与制造专业关注的零部件、结构、材料、工艺等微观和介观尺度问题结合不紧，导致学生产生“与我何干”的疏离感。教学偏重理论推导和理想模型计算，缺乏与机械

工程实际案例的结合。实验项目多为验证性、演示性实验，学生按部就班操作，缺乏设计性和探究性，无法有效锻炼解决实际热问题的能力。

二、面向机械专业的课程优化设计方案

（一）重塑课程目标：从“知识传授”到“能力赋能”

课程目标的重新设定是教学改革的顶层设计与方向指引。传统的目标往往侧重于对学科知识体系的掌握，对于机械专业学生而言，容易导致“学不知何用”的困境。本次优化将彻底扭转这一局面，将课程目标从静态的“知识传授”升级为动态的“能力赋能”，核心是培养学生将热力学与传热学原理转化为解决机械工程实际问题的核心能力。确保学生能够深刻理解而非机械记忆热力学基本定律（能量守恒、熵增原理）与传热学基本原理（导热、对流、辐射）。其衡量标准不仅是记住公式，更是要能够清晰阐述这些定律和原理在机械产品（如发动机能效优化）与制造工艺（如焊接热变形控制）中的物理意义与约束作用，从而在头脑中构建起理论与工程实践的初步链接。要求学生能够运用热力学第一定律对简单的机械热系统（如一套气动工具系统）进行能量平衡计算，量化能量利用与损失环节。更进一步，能够运用第二定律和熵分析方法，评估能量的“品质”或“做功能力”的衰减，从而从“量”和“质”两个维度诊断系统能效，为节能优化提供科学依据，而非仅凭经验。鼓励学生主动探索和解决复杂问题。通过项目式学习，初步掌握使用现代热仿真软件（如 ANSYS Workbench、COMSOL Multiphysics）进行虚拟实验的能力，将理论计算与数字化设计工具相结合，对设计方案进行预测和优化^[5]。同时，引导学生关注前沿技术（如芯片液冷、相变储能热管理），激发其将热物理知识应用于未来技术创新的潜能。这一目标体系的重塑，确保了课程教学始终围绕“为何而学”和“如何致用”展开，使学生的学习过程具有明确的价值导向和成就感。

（二）重构教学内容：以“机械问题”为牵引重塑课程目标

为实现上述能力本位的目标，教学内容必须打破传统教材以学科逻辑为序的“平行结构”，重构为以机械工程问题为驱动的“模块化集成结构”。这种重构旨在让学生在学习每一个知识点时，都能清晰地看到其解决的“靶向”工程问题，从而极大增强学习的针对性和趣味性。重构后的教学内容可划分为以下两个核心模块。模块一：能量转换与机械动力系统效能优化（侧重工程热力学）。引入“如何评价并提升一台发动机或压缩机的能源利用效率？”然后以汽车发动机的工作循环和空压机的热力过程为贯穿案例，将热力学第一定律、第二定律、理想气体性质、热力过程等知识点有机融入。重点超越传统的“效率”概念，引入熵分析这一先进工具，让学生学会区分能量的“量”与“质”，理解能量贬值原理，从而从更深层次识别效能瓶颈，为绿色设计与节能改造提供理论利器。模块二：热量传递与机电设备热管理策略（侧重传热学）。引入“如何保证高功率密度的电子设备或新能源汽车电池包在安全温度下可靠运行？”然后以高性能计算机CPU 散热和电动汽车电池热管理这两个极具时代感的典型问题为

载体,系统讲解导热(傅里叶定律)、对流(牛顿冷却定律、边界层理论)、辐射(斯蒂芬-玻尔兹曼定律)的基本原理与工程计算方法。特别强调热阻网络法这一工程实践中极为重要的简化建模工具,培养学生将复杂三维散热问题简化为可快速分析的一维电路模型的能力,实现从理论到设计的平滑过渡。

(三) 强化实践教学环节: 构建“四层次、一体化”的递进式实践体系

实践环节是连接理论与工程的桥梁,是“能力赋能”最终落地的关键。为避免实践环节的碎片化和浅表化,需构建一个从基础到综合、从虚拟到现实、从课内到课外的四层次递进式实践体系。(1)基础验证层:保留并革新经典实验(如材料导热系数测定、对流换热系数测定),目标是巩固基本原理,训练严谨的实验技能和数据分析能力。改革方向是增加实验的探索性,例如,要求学生设计不同工况来验证某一因素对换热效果的影响。(2)综合设计层:这是实践体系的核心。设立一个贯穿课程中后期的综合性课程设计项目,如“某型工业伺服电机散热系统设计”或“小型激光雕刻机光学镜筒的热变形控制”。学生以小组形式,经历“需求分析-方案论证-理论计算-建模仿真-报告撰写”的完整工程流程,全面锻炼其知识整合、团队协作和解决复杂问题的能力。(3)虚拟仿真层:利用虚拟仿真实验平台,模拟高风险、高成本或极端条件下的热过程(如高温熔炼、燃烧过程),弥补实物实验的不足。学生可以在虚拟环境中进行“参数化研究”,快速比较不同设计方案的优劣,培养其数字化设计思维。(4)创新拓展层:积极推动“以赛促学、以研促教”。鼓励并将课程优秀项目成果进一步孵化,指导学生参加“全国大学生机械创新设计大赛”、“全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛”等高级别学科竞赛。这不仅能极大激发学生的创新热情,还能将课程学习延

伸到第二课堂,形成良性循环,培养拔尖创新人才。

这个“四层次一体化”的实践体系,确保了学生实践能力能够由浅入深、由虚到实、由封闭到开放地得到系统化训练,最终实现知行合一。

三、结语

通过对《工程热力学与传热学》课程进行上述面向机械设计与制造专业的深度优化,学生将清晰地认识到课程知识与未来职业发展的紧密联系,学习目标从“通过考试”转变为“掌握技能”,学习积极性将大幅提高。通过案例、项目和现代工具的训练,学生将初步具备解决实际工程中热问题的能力,能够更快地适应未来的工作岗位或科研深造。本课程作为桥梁,将先前所学的《理论力学》、《材料力学》以及后续的《机械设计》、《机械制造技术基础》等课程有机串联,形成完整的机械工程知识链。在解决开放性项目的过程中,学生的创新思维、批判性思考和团队协作能力将得到有效锻炼。

总之,对机械设计与制造专业而言,《工程热力学与传热学》课程的优化改革势在必行。其核心思路是坚决以专业需求为导向,以能力培养为中心,通过系统性的教学设计,将这门传统的专业基础课打造成为赋能机械工程师解决热流体挑战的利器。这不仅关乎一门课程的教学质量,更关系到能否培养出适应未来智能制造需求、具备核心竞争力的高水平机械工程人才。本次提出的优化方案是一个系统性框架,在具体实施中还需各高校结合自身师资、实验条件和专业侧重点进行细化和调整,并在实践中不断反馈与改进。

参考文献

- [1] 何佳伟,肖佩林,周娟,等.关于工程热力学与传热学的教学优化研究[J].新教育时代电子杂志(教师版),2018(14):191-192.
- [2] 潘冬慧,姚文利,战乃岩,等."大思政"背景下工程热力学与传热学课程思政研究与实践[J].重庆建筑,2025,24(4):99-101.
- [3] 龚纾源.多元模式下工程热力学与传热学课程教学方法改革探究[J].吉林化工学院学报,2024,41(8):20-24.
- [4] 孙丽芳.工程热力学与传热学课程中实验教学的问题及改进路径[J].科教导刊,2024(20):92-94.
- [5] 邵雪,赵薇,刘峰,等.将仿真工具引入工程热力学和传热学课程教学中的探索与实践[J].辽宁工业大学学报(社会科学版),2023,25(6):112-114.