

工程热力学课程非标准答案考试改革与实践

徐文峰, 曾文, 刘爱骅, 赵欢, 毛晓东

沈阳航空航天大学航空发动机学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2025年5月22日; 录用日期: 2025年6月20日; 发布日期: 2025年6月30日

摘要

工程热力学作为航空航天领域的重要基础课程, 其教学质量和水平对于培养高素质的航空航天人才具有重要意义。本文以沈阳航空航天大学航空发动机学院工程热力学课程为例, 研究了本课程非标准答案考试改革的背景、具体举措及实施效果。通过数字化过程考核优化、工程实际案例分析融入测评体系等方式, 改革后的考核模式有效提升了学生的主动学习能力, 加强学生对工程热力学的学习兴趣, 增强学生理论联系实际的能力, 助力学校培养具有航空航天特色的应用型人才, 并为同类课程的教学改革提供了参考。

关键词

非标准答案考试, 工程热力学, 数值化教学, 改革与实践

Reform and Practice of Non-Standard Answer Examination in Engineering Thermodynamics Course

Wenfeng Xu, Wen Zeng, Aiguo Liu, Huan Zhao, Xiaodong Mao

School of Aero-Engine, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

Received: May 22nd, 2025; accepted: Jun. 20th, 2025; published: Jun. 30th, 2025

Abstract

As an important introductory course in the field of aerospace engineering, the quality of teaching and level of engineering thermodynamics are of great significance in cultivating high-quality aerospace talent. This paper studies the background, specific initiatives and implementation effect of the non-standard answer examination reform of the engineering thermodynamics course at the College of Aero-Engineering at Shenyang University of Aeronautics and Astronautics. By optimising

digital process assessment and integrating actual engineering case studies into the assessment system, the reformed assessment model effectively enhances students' active learning ability, strengthens their interest in engineering thermodynamics and improves their ability to apply theory to practice. This approach helps the school to cultivate applied talent with an emphasis on aerospace and provides a model for teaching reform in similar courses.

Keywords

Non-Standard Answer Exam, Engineering Thermodynamics, Numerical Teaching, Reform and Practice

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

传统考试模式在知识考查的全面性、学生能力评估的准确性等方面存在一定局限,难以契合当下对创新型、实践型人才的培养需求[1][2]。在此背景下,非标准答案考试改革应运而生,旨在通过多元化的考核方式与开放灵活的评价体系,更精准地测评学生的知识应用、创新思维与问题解决能力,激发学生学习的积极性与主动性,进而提升工程热力学课程的整体教学质量。对该领域研究现状的梳理,有助于明晰改革的发展脉络、把握前沿动态,为后续改革实践提供坚实的理论支撑与经验借鉴。

随着教育理念的更新和人才培养目标的转变,工程热力学课程非标准答案考试改革成为教育研究的热点话题[3]。众多学者与教育工作者从不同角度对其展开研究,涵盖改革的必要性、实施路径、实践效果及面临挑战等多个方面。过往研究普遍指出,传统工程热力学考试存在诸多弊端[4]。在考核内容方面,严重偏向基础知识记忆与简单公式应用,如对热力学基本概念、定律的死记硬背,以及常规热力过程的机械计算,这类题目在试卷中占比较大,而涉及知识综合运用、工程实际问题分析的题目较少[5]。例如,有研究通过对多所高校工程热力学试卷的分析发现,记忆性题目占比超过 60%,实际应用类题目不足 20%,导致学生虽能熟练背诵知识,却难以将其灵活运用于复杂工程情境。评价方式上,传统考试过度依赖期末考试成绩,平时成绩占比相对较低且评定方式单一,多以作业完成情况为主[6]。这种“一考定终身”的模式无法全面反映学生的学习过程,忽视了学生在课堂讨论、小组项目、实验操作等环节中的表现与进步[7]。有学者通过对比分析采用传统考核与过程性考核的两组学生数据,发现传统考核下学生在学习过程中的参与度和积极性明显低于后者,且对知识的长期掌握效果不佳[8]。此外,传统考试标准答案的唯一性束缚了学生的思维。学生在备考过程中习惯于寻找固定解题套路,形成思维定式,创新思维和发散性思维发展受限。研究表明,长期接受传统考试训练的学生,在面对开放性问题时,往往表现出思维僵化、创新思路匮乏等问题[9]。同时,大量研究表明,将实际工程案例融入考试内容,能有效提升学生知识应用能力。例如,以热电厂能源系统优化、内燃机热效率提升等真实工程问题为考题,要求学生运用工程热力学知识进行分析、提出解决方案。学生在解决这类问题时,需综合考虑系统运行条件、设备性能、经济成本等多因素,从而深化对知识的理解与运用[10]。

本文基于沈阳航空航天大学工程热力学教学团队多年来的实践经验,深入探讨了工程热力学课程非标准答案考试改革的必要性、具体举措和效果。从现有课程考核的主要内容以及非标准答案考试改革的主要举措的角度介绍了此次非标准答案考试改革内容及方法。同时,通过持续研究与实践,推动工程热

力学课程非标准答案考试改革不断深化，为培养更多创新型、实践型工程人才贡献力量。

2. 课程现状与改革必要性

2.1. 课程基本情况

工程热力学是飞行器动力工程和能源与动力工程专业的一门重要的专业基础课，课程主要内容包括：热力学基本概念、热力学第一定律、气体和蒸汽的性质、气体和蒸汽的基本热力过程、热力学第二定律、气体和蒸汽的流动、压气机热力过程、气体动力循环和蒸汽动力循环等。工程热力学课程具有大量的抽象概念和理论知识，并需要将理论与工程实际深度融合。课程旨在使学生理解工程热力学的基本概念和定律，能够利用基本方程式和常用工质的热力性质图表对热力过程和热力循环进行分析及计算，培养学生能够根据所学知识设计、分析、解决、评价工程实践中面临的能量转换与高效应用问题的能力。同时，工程热力学与流体力学、传热学等课程紧密关联，是后续专业课程的基础。

2.2. 目前课程考核方式

本课程主要围绕工程热力学基本概念和定律，以及其在热力过程和热力循环中的应用展开考核。考核内容涵盖了热力学的基本概念、定律、理想气体与蒸汽的热力性质、热力过程与循环，以及这些理论在实际热力设备与系统分析中的应用。围绕教学重点和难点，针对部分学生在学习过程中存在知识掌握不牢、综合运用知识能力弱和分析解决工程实际案例的能力差等问题，课程采取闭卷考试形式，试卷包括简答题(50%)和计算题(50%)。试题设计难易适中，既注意对学生专业基本知识的考核，又重视对综合能力和工程应用能力的考核，其中基本题占 70%，中等难度题占 20%，高难度题占 10%，力争全面考察学生对热力学基本理论、分析方法及其实践应用的掌握程度，为其后续的专业课程学习和工程实践打下坚实的基础。

2.3. 非标准答案考试改革的意义

传统标准化考试以“唯一正确答案”为导向，容易导致学生陷入机械记忆与公式套用的误区。非标准答案考试通过开放性问题的鼓励学生从多角度分析问题，培养批判性思维和独立思考能力。其次，非标准答案考试注重真实工程场景的模拟，要求学生将理论知识与实际问题结合，提升解决复杂工程问题的能力。同时，非标准答案考试要求教师从“知识灌输者”转变为“学习引导者”，推动课堂从“教师中心”转向“学生中心”，而且开放式问题没有固定答案，学生需通过文献调研、团队协作、迭代改进等过程完成任务，从而培养自主学习能力与创新思维。非标准答案考试改革是教学改革的突破口，更是培养创新型、复合型工程人才的关键路径，对实现教育现代化、服务国家战略需求具有深远意义。

3. 非标准答案考试改革内容及方法

3.1. 现有课程考核的主要内容

本课程主要围绕工程热力学基本概念和定律，以及其在热力过程和热力循环中的应用展开考核。考核内容涵盖了热力学的基本概念、定律、理想气体与蒸汽的热力性质、热力过程与循环，以及这些理论在实际热力设备与系统分析中的应用。围绕教学重点和难点，针对部分学生在学习过程中存在知识掌握不牢、综合运用知识能力弱和分析解决工程实际案例的能力差等问题，课程采取闭卷考试形式，试卷包括简答题(50%)和计算题(50%)。试题设计难易适中，既注意对学生专业基本知识的考核，又重视对综合能力和工程应用能力的考核，其中基本题占 70%，中等难度题占 20%，高难度题占 10%，力争全面考察学生对热力学基本理论、分析方法及其实践应用的掌握程度，为其后续的专业课程学习和工程实践打下

坚实的基础。

3.2. 非标准答案考试改革的主要举措

工程热力学课程考核包括过程考核和课程测评两个部分，这两部分在总成绩组成中分别占比 30%和 70%。本次课程拟实行的非标准答案考试改革将分步针对这两部分进行调整，拟通过数字化方式优化过程考核方式，并通过工程实际案例分析完善课程测评。具体举措如下：

3.2.1. 通过数字化方式优化过程考核

本课程的过程考核的形式多样，包括出勤、课堂表现、课堂讨论和实验能力等。本次改革拟在过程考核环节加入数字化测评手段，针对课程重点章节，在完成课程教学后布置课程总结性视频作业，如图所示。该数字化测评方式占据平时成绩的 50%，要求学生通过视频剪辑软件、思维导图以及 Office 等软件对课程理论知识进行梳理和总结，在锻炼学生知识体系总结和复习章节重点知识体系过程中，引导学生主动参与学习，提升学生学习兴趣，避免出现应试教育中的死记硬背和期末突击的情况。同时将优秀的视频作业共享到课程学习平台，既方便学生之间相互学习和讨论，又可以利用平台监督学生完成重点章节的复习情况。

3.2.2. 通过工程实际案例分析完善课程测评

改革后本课程的课程测评仍采用考试试卷的形式进行，以体现课程的重要性和严肃性。试卷包含 90%的传统题型，主要考核学生对基础知识、基本概念的掌握程度。非标准答案考核主要体现在期末考试中的简答题部分(占比为 10%)，考核学生利用所掌握的基本知识和要点对工程实际问题进行综合分析和解答的能力，考核时学生做到分析路线明确、意思正确即可，而并没有所谓的统一答案的考核。非标准答案考核题目涉及如下三个方面：

- (1) 利用热力学第一定律和第二定律解释生活和工程中的热力学过程；
- (2) 利用航空发动机/燃气轮机的理想循环过程给出工程实际中提高整机性能和稳定性的工程实际方法，并解释其原理；
- (3) 利用压气机热力过程及原理给出提高压缩空气效率和产能的方法。

通过该部分的引入可以考查学生对课程体系的理解掌握程度，对所学知识的运用水平以及学生的分析和归纳的能力，同时学生的创新意识和创新能力也能得到提高。

3.3. 课程考核评分标准

根据教学大纲，本课程的考核将分为过程考核和期末测评等两个部分，这两部分在总成绩组成中分别占比 30%和 70%。过程考核包括出勤、课堂表现、课堂讨论、数字化测评和实验能力，改革后规定出勤、课堂表现和课堂讨论占总成绩的 10%，实验能力占总成绩 5%，数字化测评占总成绩的 15%；期末测评中标准答案和非标准答案部分各占比总评成绩的 63%和 7%。具体评分依据如下：

1) 过程考核依据主要关注以下几个方面，并把每一方面分成(优、良、中、及格和不及格)五个分数段：

(1) 出勤、课堂表现和课堂讨论：表现突出且主动发言、表现良好且回答准确、表现较好且回答较为准确、表现一般、表现不积极。

(2) 数字化测评：主动完成视频作业且完成线上复习、完成视频作业且完成线上复习、被动完成视频作业且完成线上复习、被动完成视频作业但未完成线上复习、未完成视频作业。

2) 期末测评中传统题型根据标准答案评分，非标准答案题型将评分分成六个档次(5 分，4 分，3 分，

2分, 1分, 0分), 再根据作答中出现的问题减掉相应的分数。具体评分标准如下: 正确利用理论知识解释题目要求的全部工程实际问题(5分), 正确利用理论知识较为准确解释题目要求的全部工程实际问题(4分), 较为准确利用理论知识完成题目要求的部分工程实际问题(3分), 能够对要解决的工程问题涉及的理论知识进行准确描述(2分), 能够对要解决的工程问题涉及的理论知识进行较为准确的描述(1分), 理论描述错误(0分)。

4. 改革成效与反馈

工程热力学非标准答案教学改革取得了显著的成效, 但在实施过程中也面临一些问题和挑战, 需要不断地总结经验, 加以改进和完善, 以更好地促进学生的全面发展和教学质量的提高。

4.1. 学生能力提升

非标准答案教学改革鼓励学生从不同角度思考问题, 不再局限于追求唯一的正确答案。在讨论热力过程的分析时, 学生们会主动提出多种分析方法和可能的结果, 课堂参与度明显提升, 不再是被动接受知识, 而是积极主动地探索知识。通过非标准答案教学, 学生有更多机会发挥自己的想象力和创造力。如在讨论如何提高航空发动机热效率的讨论过程, 学生能够提出一些新颖的方案和思路, 不再受传统标准答案的束缚, 创新能力得到了锻炼和提高。工程热力学的非标准答案教学往往会引入更多实际工程案例, 让学生在解决实际问题的过程中, 学会灵活运用所学知识。例如, 在分析热电厂的能量利用问题时, 学生们能够综合考虑各种因素, 提出切实可行的优化方案, 提高了学生解决实际工程问题的能力。在非标准答案教学中, 经常会组织学生进行小组讨论和项目合作。例如, 在研究复杂的热力系统优化问题时, 学生们分组讨论, 各自发挥优势, 共同探讨解决方案, 在这个过程中, 学生的团队协作能力得到了很好的锻炼。

4.2. 教学效果优化

本次工程热力学非标准答案改革的教学效果主要体现在考核全面性与反馈及时性两方面。在考核设计上, 依托数字化教学平台, 实时记录学生的学习轨迹, 包括课堂互动、作业完成等数据, 通过智能分析精准掌握学生知识学习情况, 并通过数字化方式优化过程考核, 在锻炼学生知识体系总结和复习章节重点知识体系过程中, 引导学生主动参与学习, 提升学生学习兴趣, 避免出现应试教育中的死记硬背和期末突击的情况。同时将优秀的视频作业共享到课程学习平台, 既方便学生之间相互学习和讨论, 又可以利用平台监督学生完成重点章节的复习情况。此外, 构建过程性评价与期末测评深度融合的多元体系, 将课堂研讨、小组项目、阶段性测试等纳入考核范畴, 避免“一考定终身”, 全面评估学生知识应用、创新思维及团队协作能力, 并通过工程实际案例分析完善课程测评, 考查学生对课程体系的理解掌握程度, 对所学知识的运用水平以及学生的分析和归纳的能力, 同时学生的创新意识和创新能力也能得到提高。

5. 结语

工程热力学非标准答案教学改革在学生能力培养与教学效果优化方面成效显著。在学生能力提升上, 打破传统标准答案的桎梏, 激发学生多角度思考, 显著提升课堂参与度, 助力学生发挥想象力与创造力, 通过实际工程案例增强知识运用能力, 以小组合作强化团队协作能力。在教学效果优化层面, 借助数字化平台实现学习轨迹实时记录与智能分析, 以数字化过程考核提升学生学习主动性; 构建过程性评价与期末测评相结合的多元考核体系, 全面覆盖知识应用、创新思维与团队协作等维度, 并融入工程实际案例, 实现对学生知识掌握、运用及创新能力的深度考查, 有效推动教学质量提升与人才培养模式创新。

基金项目

沈阳航空航天大学引进人才科研启动基金(23YB20); 辽宁省教育厅基本科研青年项目(JYTQN2023069)。

参考文献

- [1] 刘龙, 时伟, 王海英, 徐振军, 徐爱玲. 工程热力学课程思政探索与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(32): 169-172.
- [2] 崔琚琰. 基于应用型人才培养的非标准答案考试改革路径探析[J]. 成都师范学院学报, 2021, 37(7): 52-58.
- [3] 贺振宗, 田泽民, 金武. 新工科背景下工程热力学基础课程教学改革探索[J]. 西部素质教育, 2019, 5(11): 193-194.
- [4] 陈九玉, 孙运兰, 朱宝忠. 新时代教育改革背景下“工程热力学”课程思政设计与实践[J]. 科学咨询, 2024(3): 261-264.
- [5] 高云红, 席剑辉, 卢艳军, 等. 应用人才培养模式下非标准答案考试改革[J]. 创新创业理论与实践, 2025, 8(6): 64-66.
- [6] 生慧, 李明, 马素芬. 基于 OBE 理念信息安全课程非标准答案考试改革研究[J]. 教育教学论坛, 2025(11): 157-160.
- [7] 吴三秀, 周艳丽, 周启兴. “三维 CAD 造型”非标准答案教学改革的研究[J]. 装备制造技术, 2024(1): 88-91+103.
- [8] 李婧. 课程思政理念下体育学非标准答案的等级评阅研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2022.
- [9] 赵强, 朱冬. 车辆流体传动与控制课程非标准答案考试方法改革与实践[J]. 科技视界, 2020(20): 60-61.
- [10] 谷婷. 课程考核引入非标准答案试题的改革初探[J]. 福建电脑, 2019, 35(12): 41-42.