

HPS 教育范式下“飞行器结构力学”课程 思政教学实践

孟军辉, 李文光, 李怀建, 王正平, 刘莉
北京理工大学 空天科学与技术学院, 北京 100081
DOI: 10.61369/ETR.2026080032

摘要 : 传统航空航天类课程教学模式往往侧重于理论推导和公式应用, 容易导致学生将知识“工具化”, 而忽略了其背后深刻的科学内涵与工程哲学。HPS (科学史、科学哲学与科学社会学) 教育理念强调将科学的历史发展、哲学思辨和社会学背景融入科学教育, 帮助学生理解科学的本质与发展规律。本文以 HPS 教育理念为指导, 探索航空航天类课程思政教学的教学改革路径。基于航空航天类核心课程“飞行器结构力学”, 系构建“历史—哲学—社会学”三维融合的教学框架。通过引入典型工程案例, 将抽象力学理论与工程实践、科学本质认知、社会责任培养有机结合。教学实践表明, 该模式有效提升了学生的工程概念建立能力、批判性思维水平及科学素养, 为航空航天领域创新型人才培养提供新范式。

关键词 : 航空航天类课程; HPS; 思政教育; 教学模式改革

Teaching Practice of Ideological and Political Education in the Course of “Structural Mechanics of Aircraft” under the HPS Educational Paradigm

Meng Junhui, Li Wenguang, Li Huaijian, Wang Zhengping, Liu Li
Beijing Institute of Technology School of Aerospace Engineering, Beijing 100081

Abstract : The conventional pedagogical paradigm in aerospace engineering education predominantly emphasizes theoretical derivation and formulaic application, often resulting in the mechanistic “instrumentalization” of knowledge by students, thereby neglecting its profound scientific essence and underlying engineering philosophy. The HPS (History, Philosophy, Sociology of Science) educational paradigm advocates for the integration of the historical development, philosophical reflection, and sociological context of science into the teaching process, facilitating a comprehensive understanding of the nature and developmental laws of science. Guided by the HPS educational framework, this paper explores the reform pathways for ideological and political education within aerospace curricula. Centered on the core aerospace course “Structural Mechanics of Aircraft”, we construct a triadic fusion teaching framework encompassing “History—Philosophy—Sociology.” By incorporating representative engineering case studies, the approach organically integrates abstract mechanical theories with engineering practice, scientific epistemology, and the cultivation of social responsibility. Empirical teaching practice demonstrates that this model significantly enhances students’ abilities in establishing engineering concepts, critical thinking, and scientific literacy, thereby offering a novel paradigm for cultivating innovative talent in the aerospace sector.

Keywords : Aerospace Engineering Education; HPS (History, Philosophy, Sociology of Science); ideological and political education; teaching model reform

引言

为深入贯彻落实全国高校思想政治工作会议精神, 全国各高校积极探索“课程思政”改革, 把思政教育与专业教育有机融合, 把价值塑造与专业培养紧密结合, 用思政之“盐”调专业课程之“味”, 取得了良好的效果。特别是针对理工科的专业课程, 通过系统挖掘专业知识中蕴含的思政元素, 同时优化教学设计, 已有学者提出一些方法和教学案例, 但尚缺乏体系化和科学化^[1]。

“飞行器结构力学”课程培养学生对飞行器结构分析与设计的概念认识与综合处理能力, 承接“材料力学”等基础课程和“飞行器结构设计”等专业课程, 是航空航天类专业重要的核心课程之一。传统教学往往陷入“重理论推导、轻工程背景, 重计算技巧、轻科学

思维”的困境^[2-4]。学生虽能掌握力法、位移法等计算方法，却难以建立工程系统概念，更缺乏对科学本质的深层理解。然而，随着航空航天技术的快速发展与工程问题的日益复杂，单纯的知识灌输已难以满足创新型人才培养的需求^[5]。

HPS是“科学史(History of Science)、科学哲学(Philosophy of Science)和科学社会学(Sociology of Science)”三种学科交叉的科学教育理念，帮助学生理解科学的本质与发展规律^[6]，这一理念为工程课程改革提供了新视角。HPS教育理念强调，科学知识并非凭空出现的绝对真理，而是在特定的历史背景下，由科学家群体通过复杂的社会互动、哲学思辨和实验验证过程逐步建构起来的，这一视角对于理解“飞行器结构力学”这一高度复杂的工程类课程尤为重要。

本文基于HPS教育理念，针对“飞行器结构力学”课程教学改革进行深入探讨。构建科学史、科学哲学与科学社会学三维融合的教学框架，探索如何将工程知识的传授与科学本质的揭示有机结合。通过引入飞行器结构力学领域的经典理论发展脉络、工程伦理困境及中国科研团队突破“卡脖子”技术的实际案例，设计了“历史语境-哲学思辨-社会影响”三位一体的教学方案，旨在培养具有科学思维、工程素养和家国情怀的航空航天创新人才

一、HPS 范式下科学教育内涵

恩斯特·马赫(E. Mach)率先将“理解科学本质”理念纳入科学教育改革计划，拉开了HPS教育的序幕。乔治·萨顿(G. Sarton)将科学史引入科学教育，“范式”之父托马斯·库恩(T. Kuhn)率先将科学史与科学哲学作为共存体纳入科学教育体系。科学知识社会学(Sociology of Scientific Knowledge, 简称SSK)被引入科学教育，至此科学史、科学哲学与科学社会学从此共同承担起以传播科学知识、理解科学本质、提高公众科学素养为目标的多功能科学教育使命^[7]。

2020年教育部印发《高等学校课程思政建设指导纲要》(以下简称《纲要》)指出：“工学类专业课程，要注重强化学生工程伦理教育，培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。”航空航天类专业以数学、力学等理科课程为基础，以空气动力学、结构力学等专业课为核心，承担着“为党育英才，为国铸重器”的光荣任务^[8]。因此，为了实现思政教育与专业教育的有机融合，需要兼顾理科和工科的课程特点、思维方法和价值理念，可以在HPS教育理念下，深入挖掘课程思政元素，有机融入课程教学。将HPS理念融入“飞行器结构力学”教学，其核心目标在于：

历史维度(H)：通过追溯关键理论(如能量原理、有限元法)的起源和重大工程事故(如彗星客机、挑战者号航天飞机)的教训，让学生理解知识的演进路径和人类智慧的传承，认识到工程设计的迭代性与不完美性。

哲学维度(P)：引导学生思考结构力学中的基本哲学问题，如模型的简化与真实、确定性与随机性、理论的预测能力与局限性、设计哲学(如安全寿命与损伤容限)的演变等，培养其批判性思维和形而上的思辨能力。

社会学维度(S)：分析科学技术与社会的互动关系，探讨工程决策背后的经济、政治、文化及伦理因素。例如：一项新材料的应用、一个重大项目的上马，往往是技术、经济与国家战略多重博弈的结果。这与当前航空航天领域强调的“课程思政”和

“航天精神”培养目标高度契合。HPS为此提供了系统性的理论框架和丰富的教学素材，有助于实现“知识传授、能力培养和价值引领”的有机结合。

二、HPS 理念指导下的教学改革框架设计

HPS教育理念强调从多维度审视科学知识，这一视角对于理解飞行器结构力学这一高度复杂的工程学科尤为重要^[9]。基于此，本文构建了“三维融合”的教学改革框架，将科学的历史脉络、哲学思考和社会语境有机融入课程教学。

(一) 科学史维度：追溯理论源流与技术演进

在科学史维度，教学设计着重揭示关键理论的形成背景与发展脉络。例如，在讲解“薄壁梁的自由弯曲和自由扭转”时，不仅介绍现代分析方法，还追溯从20世纪初飞机采用布木结构到现代复合材料机翼的演进历程，让学生理解理论发展与工程需求之间的互动关系。

表1 “飞行器结构力学”关键知识点与历史发展关联

教材章节	核心知识点	历史背景与演进脉络
弹性力学基本方程及能量原理	应力应变关系、虚功原理	从纳维-柯西方程到哈密顿原理的发展，19世纪数学弹性力学与20世纪变分原理的融合
杆系结构的静力分析	桁架结构内力计算	早期飞机桁架式机身设计(如莱特兄弟飞行器)到现代空间桁架结构应用
薄壁梁的自由弯曲和自由扭转	剪切中心、闭室与开室薄壁梁	从实心梁理论到薄壁结构理论的发展，应对飞机高速化、轻量化需求
板壳的小挠度弯曲与稳定性	板壳平衡方程、屈曲临界载荷	板壳理论在航空器蒙皮设计中的应用演进，典型失稳事故案例分析
有限元法简介	离散化、刚度矩阵、求解技术	有限元法从航空结构分析需求中诞生，到成为通用工程分析工具的过程

（二）科学哲学维度：培养工程思维与批判意识

科学哲学维度着重引导学生理解结构力学知识的本质与边界，培养批判性思维。例如，在讲授“板壳稳定性”时，除了解析解与数值方法外，还探讨“小挠度理论”的适用条件与局限，引入工程实践中“理论与实验的辩证关系”，讨论如何通过试验验证和修正理论模型。

（三）科学社会学维度：认识科学活动的社会建构

科学社会学维度关注工程实践的社会语境与伦理责任。通过分析飞行器结构设计中的安全性与经济性权衡、适航认证的社会过程等案例，帮助学生理解工程决策的社会维度。特别是结合中国航空航天发展历程，如国产大飞机 C919 的研发与适航取证过程，展现技术创新与国家发展的紧密联系。

三、HPS 理念与课程知识点的融合实践

（一）基于工程案例的 HPS 综合教学设计

以“飞行器结构设计准则”为例，设计了贯穿历史、哲学与社会三个维度的综合教学模块：

（1）历史维度：梳理结构设计事故性灾难的发展历程，从 1916 年英国 Handley Page 轰炸机因颤振坠毁，到 1940 年塔科马海峡大桥风毁事件，再到现代主动颤振抑制技术，展现工程灾难如何推动理论突破。

（2）哲学维度：探讨结构设计的还原论与整体论方法。早期研究将结构与气动分离分析，现代方法则强调耦合系统的整体性，这一转变反映了工程思维范式的演进。引导学生思考如何建立简化模型捕捉物理本质，平衡计算效率与精度。

（3）社会学维度：分析结构设计的安全文化与社会责任感。以波音 737MAX 事故为案例，讨论多学科协同不足可能导致的系统性风险，强调工程师在复杂系统中的伦理责任。

（二）中国案例的深度融入

在教学实践中，特别注重引入中国科学家与工程师的贡献^[10]。以“运载火箭蒙皮加筋结构设计”为核心专业议题，系统性地将《习近平谈治国理政》中的核心思想，特别是关于“科技自立自强”、“创新驱动发展”和“高质量发展”等重要论述，通过“进教材、进课堂、进头脑”（简称“三进”）的教学路径融入教学实践。

（1）知识目标：使学生掌握“板壳理论”与“蒙皮加筋结构”设计的核心概念、计算方法与失效模式（特别是屈曲失稳）。

（2）能力目标：培养学生运用结构力学理论进行工程简化建模、有限元分析以及结构优化设计的综合能力。

（3）价值目标：深刻理解“科技自立自强”、“高质量发展”以及“两弹一星”精神在航空航天工程中的现实意义，树立爱国情怀和工匠精神。

（三）现代工程实践中的 HPS 元素挖掘

结合现代航空航天研发实践，挖掘其中蕴含的 HPS 元素。例如，通过分析“基于达索系统 DEXPERIENCE 平台的无人机协同优化”案例，引导学生思考：

（1）方法论演变：从传统串行设计到多学科协同优化的范式转变。

（2）知识本质：数字孪生技术如何改变我们对“实验”与“仿真”关系的认识。

（3）社会影响：高效设计工具如何影响航空航天工业的竞争格局与创新生态。

四、HPS 教学改革的实施路径与挑战

（一）多维融合的教学策略

为实现 HPS 理念的有效融入，设计了“三阶段递进”教学策略。主要包括：

（1）背景导入阶段：在新知识点讲解前，通过历史案例或工程问题创设学习情境。

（2）深度探究阶段：在理论推导与计算分析中，引入哲学思考与社会语境讨论。

（3）综合应用阶段：通过复杂工程案例研究，培养学生综合运用多维度视角解决问题的能力。

（二）教学资源建设

为支持 HPS 教学改革，需要建设丰富的教学资源库，如通过历史文献库收集关键理论原始文献、经典工程案例资料；通过工程案例库，整理涵盖成功与失败的多类型工程案例，特别是中国航空航天发展中的典型案例；通过科学家故事库，挖掘中外科学家在飞行器结构力学领域的探索故事与创新历程。

北京理工大学空天科学与技术学院已在“课程思政系统性建设”方面进行了有益探索，包括课程思政资源库建设、形成性评价机制创新等，为 HPS 教学改革提供了制度保障。

（三）面临的挑战与应对

HPS 教学改革在实施中面临多重挑战。主要包括课时压力、教师素养和评价体系等。一方面，传统课程已内容饱满，新增 HPS 内容可能加剧课时紧张，需要对现有课程内容有机融合而非简单叠加，将 HPS 元素嵌入原有教学内容中。同时，多数工程专业教师缺乏科学史、哲学与社会学的系统训练，需通过师资培训、跨学科教研合作提升教师 HPS 素养。另外，传统考核侧重计算与分析能力，难以评估学生的 HPS 素养，应开发包含案例分析、反思报告等形式的多元评价体系。

五、结语

将 HPS 教育理念融入《飞行器结构力学》教学，打破了工程课程单纯传授技术知识的局限，构建了知识、思维与价值三位一体的教学新范式。通过追溯理论发展的历史脉络，引导学生理解工程知识的动态性；通过哲学思辨，培养学生批判性思维与创新意识；通过社会学分析，增强学生的工程伦理与社会责任。

这种融合教育不仅有助于学生深入掌握飞行器结构力学知识，更能培养他们像工程师一样思考，像科学家一样探索，像哲学家一样反思的综合素养。特别是在当前我国航空航天事业快速

发展的背景下,培养具有历史眼光、哲学思维和社会担当的创新人才,对于突破关键核心技术、建设航空航天强国具有重要战略意义。

未来,将进一步完善 HPS 教学框架,开发系列化教学案例,

特别是深入挖掘中国航空航天发展中的教育素材,构建具有中国特色、体现时代特征的“飞行器结构力学”课程体系,为航空航天领域拔尖创新人才培养探索有效路径。

参考文献

- [1] 张冉, 张蕊, 李惠峰. 航空航天专业课程思政教育的探索与实践 [J]. 教育教学论坛, 2022(40): 90-93.
- [2] 赵梓好, 胡宇, 朱杰堂, 等. 航空航天类专业课程思政建设实践与思考——以航空发动机原理课程为例 [J]. 高教学刊, 2025, 11(14): 193-196.
- [3] 安晓宁, 李印生, 臧胜远. 少学时结构力学课程的教学改革与实践 [J]. 河海大学学报哲学社会科学版, 1999(S1): 44-45.
- [4] 赵聪慧. 新工科背景下产教融合育人模式研究 [D]. 西安电子科技大学, 2019.
- [5] 郭宁, 徐超, 王乐. 新工科背景下的“飞行器结构力学”教学改革与实践 [J]. 黑龙江教育: 高教研究与评估, 2021(10): 4.
- [6] 刘华昌, 丁玉莲. HPS 教育研究综述 [J]. 教学研究, 2009, 32(6): 5.
- [7] HPS 教育 [J]. 中国科技教育, 2025, (09): 4-5.
- [8] 冯彦斌, 罗世彬, 宋佳文, 等. 航空航天工程专业多元化思政教育模式探索 [C]// 教育部高等学校航空航天类专业教学指导委员会. 第六届全国高等学校航空航天类专业教育教学研讨会论文集. 中南大学航空航天技术研究院, 2024: 162-167.
- [9] 金杰克, 邢红军, 孙庆全. 科学哲学之中塑造物理观念——以 HPS 教学模式下的牛顿力学教学为例 [J]. 物理通报, 2025, (09): 90-94.
- [10] 王华毕, 祖磊, 张兵. 飞行器制造工程专业课程思政教学探索 [J]. 教育教学论坛, 2023(19): 133-136.