

新工科建设背景下“航空航天概论”课程融入结构仿真的教学改革路径

钟康迪^{1,2,3} 薛莲^{1,2} 党元晓^{1,2}

(1. 昌吉学院航空学院,新疆昌吉,831100;2. 新疆低空空域智能管控及安全保障技术重点实验室,昌吉学院,新疆昌吉,831100;3. 昌吉学院飞行器设计制造与维修重点实验室,新疆昌吉,831100)

版权说明: 本文是根据知识共享署名 - 非商业性使用 4.0 国际许可协议进行发布的开放获取文章。允许以任何方式分享与复制,只需要注明原作者和文章来源,并禁止将其用于商业目的。

摘要: 针对《航空航天概论》课程教学中所呈现的知识架构宽泛化、实践环节薄弱化以及思想政治教育渗透碎片化等结构性症候,本文提出将结构仿真技术以独立教学模块形式嵌入课程体系,构建“专业知识 - 模拟实践 - 价值引领”三位一体的复合型培养范式。围绕教学内容重构、仿真实践路径设计、思政要素有机融合及评价机制多元化四个维度展开系统论述。教学实践表明,结构仿真模块的引入显著提升了学生的工程认知水平、学科志趣与职业伦理素养,为基础性概论课程的教学创新提供了一条可操作、可迁移的实践路径。

关键词: 新工科; 航空航天概论; 结构仿真; 人才培养; 课程思政

DOI: <https://doi.org/10.62177/aper.v2i3.1507>

一、引言

随着国产大型客机的商业化运营和低空经济被纳入国家战略性新兴产业范畴,我国对航天复合型技术人才的需求持续激增。新工科建设旨在培养多学科交叉融合的工程科技人才^[1],旨在服务国家战略需求。《航空航天概论》课程承担着帮助学生建立行业认知、激发专业兴趣、筑牢知识基础的重要基础。但

作者简介: 钟康迪(1991—),男,副教授,博士,硕士生导师,教研室主任,研究方向:课程思政理论与实践、新工科专业建设, E-mail: kangdizh@163.com; 薛莲(1989—),女,讲师,实验室副主任,研究方向:新工科实验室管理、课程思政建设, E-mail: 18129@cjc.edu.cn; 党元晓(1990—),男,副教授,研究方向:增材制造, E-mail: 545141653@qq.com。

基金项目: 昌吉学院校级教学改革与研究项目《新工科背景下航空航天概论课程思政建设的教学改革与实践》项目编号(24JYYB036);新疆维吾尔自治区“天池英才”引进计划青年博士项目;新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2024D01C210);昌吉回族自治州科技计划资助(2025S01-03)。

其传统教学普遍存在“三重三轻”的结构性矛盾：重知识传授轻能力培养、重理论讲解轻工程实践、重专业内容轻思政融合^[2]。

针对上述教学难点，本文将结构仿真技术设置为独立的教学模块，构建专业知识－仿真实践－价值引领三步递进式框架，以弥补实践资源缺口，培养计算思维和工程创新素养，为课程思政提供重大工程案例载体。

二、课程教学现状审视与问题剖析

（一）内容宽泛，知识深度不足

《航空航天概论》一般涵盖飞机发展史、飞行原理、动力装置、机载设备、结构和材料等内容，知识面广，但内容深度有限^[3]。以复合材料为例，大部分教材仅做了简要概述，缺乏对机翼蒙皮、发动机叶片等典型构件的应力分析、铺层设计、失效模式等方面的系统说明。课程结束后，学生对复合材料的轻量化机理、铺层角度设计原理和损伤检测方法的理解与传统金属相比仍有一定难度，难以支撑后续专业课程的学习。

（二）资源匮乏，实践教学薄弱

由于航空航天实验设备成本高、场地要求严格，普通本科院校难以开展高端结构件实体制备与检测实验。传统教学仅依靠图片和视频展示，学生缺乏实战演练和数据分析训练。虽然部分高校开设了有限元分析选修课，但与课程教学脱节。《航空航天概论》课程大多在大学第一或第二学期开设，而有限元分析需要力学、数学等预备知识。大多数学生不具备独立操作专业软件的能力，导致理论学习与实践应用相脱离。

（三）思政零散，价值融入欠缺

课程思政要求在专业教学中有机融入价值引领，但很多教师仅在课程的开头和结尾处提及航天精神，未能贯穿整个教学过程。思想政治内容与专业知识间缺乏内在逻辑联系，容易让学生产生“生硬贴标签”的感觉^[4]。在进行先进航空材料教学时，很少结合我国新材料领域突破技术封锁、实现自主突破的艰难历程，错失开展爱国主义教育的良机。

（四）认知局限，工程创新乏力

低年级学生尚未系统学习力学、材料科学等基础课程，对航天结构缺乏感性认知。传统的教学模式很难激发学生探索和求知的欲望^[5]。相当比例的学生认为课程内容与未来职业不相关，学习积极性较低。在低空经济快速发展的背景下，行业急需具有理论分析、专业技术和家国情怀的复合型人才，传统的教学模式已经无法满足当今人才培养的需求。

三、融合仿真模块的课程改革设计

（一）改革理念：三维目标，模块嵌入

以新工科教育理念为指导，确立了专业知识－模拟实践－价值引领三维课程目标。将航空工程材料仿真设置为独立的教学模块，摒弃了零散、穿插的教学形式。该模块遵循“基础知识奠基－仿真原理阐释－实践应用迭代－思政价值升华”的递进逻辑，引导学生形成从认知到应用、从技术学习到价值感悟的完整学习闭环。以“碳纤维机翼蒙皮的静力学分析”为典型案例，学生在掌握力学基本概念后，通过有限元软件建立蒙皮几何模型，给出正交各向异性材料参数，定义铺层顺序并施加载荷，观察铺层角度对应力和变形分布的影响。在实践操作过程中，学生不仅理解了铺层方向的设计原则，而且在分析结果云图时体会到“每一组参数都与飞行安全有关”的工程伦理，从而在技术实践中自然融入价值引导。

（二）模块架构：四阶递进，知行合一

航空复合材料仿真模块下设四个递进式教学单元。

第一单元：复合材料航空航天应用基础。对复合材料的定义和分类、增强体和基体的作用以及各向异性、比强度和比刚度等力学性能进行了说明。同时，介绍了国内外主流飞机复合材料的应用现状和发展趋势。文章结合课程思政内容，阐述了我国碳纤维从完全依赖进口到自主批量生产的突破过程，分析了国家重大工程复合材料核心技术攻关难点，引导学生领悟科技自立自强的深刻内涵。

第二单元：复合材料设计与仿真原理。引导学生构建材料-铺层-结构认知体系，涵盖复合材料层合板的概念、铺层角度识别、经典层合板理论基础、常见失效形式，以及复合材料有限元仿真的前处理、求解和后处理的全过程。借助动画和图形演示，演示从机翼蒙皮铺层设计到载荷分析的全过程，使学生掌握仿真技术的基本原理。

第三单元：仿真实践操作。基于典型工程案例，本阶段采用“示范-模仿-练习-讨论”的渐进式教学模式。案例一：学生以分组形式开展航空发动机风扇叶片在起飞、巡航及着陆三阶段的多工况仿真实验，提取叶片各部位的应力-应变场分布。通过比较三类运行状态下危险区域的差异，自主归纳出叶片应力分布，分析构成疲劳累积的关键因素，进而揭示复合材料叶片在交变载荷作用下的疲劳损伤演化规律。该案例有效强化了学生对“工况参数-结构响应-安全隐患”因果链的认知。案例二：针对散热器翅片结构开展散热性能仿真分析。学生构建不同几何参数（间距、厚度、波纹角度）的三维翅片模型，依据实际工况施加热流密度边界条件，求解温度场与热通量分布，并实施结构方案优化。通过多组对比数据，发现“翅片过密反而抑制对流传热”的非线性规律，从而深化对工程设计中多目标权衡思维的理解。此外，配套提供操作流程与微课视频资源，以支持基础薄弱学生课后自主学习与巩固。

第四单元：研讨与思政升华。以“复合材料应用与航空安全的工程师责任”为议题开展课堂研讨。教学活动由三个典型情境切入：结构设计缺陷所致的航空安全事故、风扇叶片疲劳损伤的实测数据、散热器热失效的工程案例，以此印证参数选择对飞行安全与设备可靠性的决定性影响^[6]。在此基础上，提出设计阶段的根本性议题——成本控制与安全冗余如何权衡？通过辨析与反思，引导学生体悟：工程师的专业能力固然重要，但敬畏生命、恪守职业底线方为立身之本。

（三）平台资源：虚实结合，共建共享

软件选型优先采用开源或校园版本的有限元软件，即各院校普遍配备的教学版、免费学生版程序。在资源方面，搭建了模块化的共享案例库，包括几何模型、材料参数表、载荷边界描述和操作视频。没有本地软件环境的高校可以接入虚拟仿真实验教学平台的线上项目，让所有工作人员可以随时进行实践和培训。

（四）评价方式：过程导向，多元考核

结构模拟模块实行独立的过程考核，考核内容涵盖基础知识掌握、模拟操作规范、报告分析深度和思想政治讨论参与度。模块成绩按合理比例计入课程总成绩，体现过程性评价与结果性评价相结合的考核原则。

四、实施效果与成效讨论

经航空航天概论课程的教学改革与实践，结构仿真教学模块成效显著，整体教学质量大幅提升。

在学习兴趣方面：模拟操作使抽象的专业知识直观化、形象化，学生对复合材料章节的学习兴趣较传统教学模式有较大提高。课程结束后的问卷调查显示，92.5%的学生认为模拟模块显著提高了学习兴趣，86.3%的学生表示愿意积极投入额外时间进行模拟演练。沉浸式实践学习有效激发了学生的探究欲望，

学生在课堂上主动提问的频率从改革前的每节 2.1 次增加到每节 7.8 次。课后自主练习时长从每周不足 0.5 小时增加到 2.3 小时，实现了从被动接受到主动探究的转变。

知识掌握层面：通过“做中学”的教学模式，学生主动理解铺层角度对结构刚度的影响规律，能够制定合理载荷工况下的复合材料铺层方案。仿真训练报告显示，95.8% 的学生操作流程规范，解读仿真云图正确，88.4% 的学生能够初步分析仿真结果与理论值偏差的原因。在期末考试中，平均成绩达到 86.2 分，相比传统教学班级提高了 14.7 分，这也证实了参与仿真训练的学生知识保持性得到提高。

在思想政治教育层面：在课程体验中，学生主动提及科技报国、工程伦理、安全责任等内容的比例由改革前的 32% 提高到 89%。通过对工程事故案例的分析，使学生深刻认识到工程行业的严谨性，明确选取的每个参数都与公共安全相关。在 85% 的学生反思日志中，明确写到“参数优化是工程师的重大责任”。课“说教式”思政由此摆脱，转变为学生切身感受的沉浸式教育，使学生在后续学习中树立起更强烈的责任感和职业敬畏感。

在能力衔接层面：后续专业课程授课教师的反馈认为，仿真模块学习有利于加深理解有限元基本理论，学生的软件实践操作速度提升了 40% 左右。在《飞机结构与强度》课程中，实验操作一次性通过率达到 91.7%，而未参与仿真模块的学生仅为 68.2%。部分学生将模拟仿真技能应用于大学生创新创业训练项目，成功立项 3 个自治区级和 5 个校级项目。以上表明，前期的模拟工具学习并不会带来学生的课业负担，反而为后续的高阶课程打下实践基础，形成了能力培养的良性闭环。

五、存在问题与改进对策

尽管本次教学改革取得了显著成效，但若干问题仍待解决。

其一，学生计算机操作基础水平参差不齐，部分学生在仿真实践环节面临较大认知与操作障碍。针对该问题，拟采取如下对策：开发轻量化仿真教学工具，构建分层化实训任务体系，以适配不同基础与能力层次学生的学习需求；同时建立高年级学生担任助教的同伴互助机制，助力低年级学生在实践操作中实现能力进阶。

其二，部分学生过度聚焦于软件操作流程，而忽视其背后的物理原理与作用机制，呈现出“擅于操作、疏于原理”的倾向。改进措施包括：在每项仿真训练任务之后增设知识复盘环节，并在课程考核中适量融入原理阐释与逻辑推导类题目，引导学生从“如何执行”的程序性思维转向“为何如此”的原理性思维。

其三，受软件授权限制及机房硬件资源配置的制约，该教学模式的规模化推广进程较为迟缓。优化建议如下：依托校级虚拟仿真实验教学中心推进共享式建设，积极推广开源软件方案，以降低教学对商业授权软件的依赖；同时，主动申报各级各类虚拟仿真一流课程建设项目，争取专项经费与资源扶持，为教学模式的全面落地与可持续推广提供坚实保障。

六、结论

在新工科建设与低空经济业态加速成型的双重背景下，《航空航天概论》课程的范式革新已从“应然”走向“必然”。本文提出将结构仿真技术作为独立教学模块嵌入课程体系，并据此构建“基础知识奠基—仿真原理阐释—实践应用迭代—思政价值升华”的四阶递进式教学框架。教学结果表明，该模块不仅显著提升了学生的工程认知水平、学科兴趣及职业伦理素养，更促成了课程思政由外生灌输向内生体悟的深层转化。同时，该模块实现了与后续专业课程及创新实践活动的有机衔接，形成了能力的正向迁移与有效延展。上述改革方案具有较强的迁移性与推广潜力，可为新工科语境下航空类专业基础课程的教学

重构提供一条可复用的范式路径。

利益冲突

作者声明，在发表本文方面不存在任何利益冲突。

参考文献

- [1] 林健. 新工科建设: 强势打造“卓越计划”升级版 [J]. 高等工程教育研究, 2017,(03):7-14.
- [2] 方志耕, 陈洪转, 牛翠萍, 等. 面向航空航天领域科教相融的“质量管理”课程教学改革探索与实践 [J]. 工业和信息化教育, 2025,(05):29-33+45.
- [3] 王潇, 尚丽娜. “航空航天概论”课程思政的特色内涵与实践 [J]. 教育教学论坛, 2021,(38):103-106.
- [4] 齐鹏远, 王刚, 丛毓, 等. 新工科课程思政背景下复合材料专业人才培养模式探索与实践 [J]. 化工时刊, 2023,37(03):76-78.
- [5] 吴伟. 本科《航空航天概论》课程现场教学与实践教学探索 [J]. 课程教育研究, 2017,(04):248.
- [6] 钟焰琪, 蔡淇, 宋艳丽, 等. 高校课程思政资源库内容结构分析—以安全思政教育为例 [J]. 中国机械, 2024,(35):140-143.