

传统工科专业核心课程教学改革与探索

——以飞行器结构力学课程为例

孟军辉

(北京理工大学宇航学院 北京 100081)

摘要:“新工科”人才培养模式要求从学科导向转向产业需求导向、从专业分割转向跨界交叉融合、从适应服务转向支撑引领。传统工科课程内容体系以教师为中心、课堂为渠道,以抽象理论教学为核心的授课内容。同时,由于宽基础、重融合对课程调整、压缩,使相关专业课程学时减少,像飞行器结构力学这种古老又发展迅速的课程,同时新型工程材料及工程结构丰富结构力学研究内容且提出新的要求。与此同时,信息技术的发展为结构力学提供了强有力的计算工具。

关键词:新工科建设 专业核心课程 综合实践项目库 虚拟仿真 知识点模块化

中图分类号:G642.0 **文献标识码:**A

DOI: 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.38.107

2017年2月,《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》提出,建设“新工科”人才培养模式,要求从学科导向转向产业需求导向、从专业分割转向跨界交叉融合、从适应服务转向支撑引领^[1]。新工科的迅速发展,一方面,是工业科技发展对人才提出了更高要求,另一方面,传统的偏理论和单学科教育的人才培养,在面对复杂工程问题时凸显实践性和创新性的不足^[2]。新工科建设不仅涉及新兴产业的专业,而且也要求利用新技术对传统专业进行改造升级,加强工程教育与产业发展紧密结合,在教学各个环节中,主动对接产业发展需求和企业技术创新要求,把握行业人才需求方向。新工科建设服务国家战略,顺应经济发展,强调学科交叉融合和过程实践,在交叉领域践行多学科的研究思想和方法,在解决复杂工程问题的过程中培养创新型、复合型、应用型人才^[3]。对传统专业核心课程的教学模式进行深化改革,促进人才培养与产业需求紧密结合,以适应时代和社会的发展。

“飞行器设计与工程”专业是北京理工大学最早建设的专业之一,其前身是1958年钱学森先生指导下创建的我国首批“火箭导弹”专业,历史悠久,并于2019年经教育部批准进入国家级一流本科专业建设点。飞行器结构力学作为连接力学基础课程和飞行器系统分析与设计等专业课程的纽带,以理论力学、材料力学、弹性力学等基础力学课程知识为基础,以真实飞行器工程结构为对象,将力学模型构建和理论分析方法应用到真实飞行器工程结构中。该课程由宇航学院

“飞行器结构分析与设计”课程组承担,依托航空航天北京市级实验教学示范中心和武器系统国家级虚拟仿真实验教学中心,是“飞行器设计与工程”专业重要的核心课程之一,2004年被评为北京理工大学校级精品课程。

以“新工科”建设的理念为指导,在建设“飞行器设计与工程”一流专业的需求与引领下,探索“飞行器设计与工程”专业传统核心课程的改革模式已十分迫切。现代飞行器技术的飞速发展对飞行器结构力学的教学提出新的挑战^[4],同时信息技术和虚拟仿真技术的发展为教学内容提供了新的支撑,并为教学模式的改革提供了可能。因此,对飞行器结构力学核心课程进行深化改革,不仅可以提升课程自身的水平,而且还可以为核心课程体系改革与建设起到示范作用。

一、传统工科专业核心课程教学存在的问题

1. 授课内容难以与紧跟航空航天科技飞速发展的步伐

飞行器结构力学课程的发展源于飞行器设计的工程问题,也势必应用于工程、解决实际工程问题。人类对航空航天技术的探索需求日益增加,近年来,新型航空航天飞行器不断涌现,智能材料、软体结构等多种新型材料和结构也在飞行器设计中得到了大量的应用。现有课程教学经过多年的积累与实践,依托传统经典教材内容,如何在将基本理论与方法阐述清楚的基础上,紧跟飞行器技术的快速更新,与“新工科”工程教育目的相适应成为亟须解决的问题^[5]。

飞行器结构力学课程教学内容侧重直接利用抽象模型,在计算模型的提取过程、适用前提及模型和真实结构的联系

方面有所欠缺,且求解方式以“手算”为主,而现有科研院所解决实际工程问题多以计算机仿真分析为主。因此,如何将课程内容设置与当前工程结构设计状况相结合迫在眉睫。

2. 授课方式难以与信息技术和虚拟现实技术的快速发展相匹配

对于“飞行器设计与工程”专业的学生,飞行器结构力学主要研究典型飞行器结构的模型简化及在外载荷作用下的应力、应变和位移,涉及大量的公式推导、结构分析与计算等内容,理论性和逻辑性强。概念抽象。随着信息技术的发展,虚拟仿真等技术如何服务教学,成为亟须研究的问题。

飞行器结构力学所涉及的典型飞行器结构演示实验通常复杂且部分实验现象不宜捕捉,难以让每位同学都观察到结构承载、传力和破坏的过程。典型结构演示实验如果能增加结构设计参数的迭代与优化,可以有效增进学生对于基础知识的掌握。但真实课程教学过程中,难以实现结构设计方案和模型的随意更改。

3. 授课模式难以与大类培养的“书院制”改革趋势相一致

飞行器结构力学课程学习是利用弹性力学等理论知识求解典型飞行器结构在载荷作用下的静力学和动力学问题,为飞行器结构分析与设计等专业课程提供理论基础。现阶段国内多所高校实行“厚基础、宽口径”的“书院制”改革^[6],对为力图达到均衡教育目标而设立的书院制而言,通识教育是达成书院全人发展目标的最佳选择。大类培养中通识教育的实施。一方面培养了学生渊博的学识和广博的见识,同时也不可避免地压缩了专业基础课和后续专业核心课程的学时。同时,在“书院制”改革新模式下,除“飞行器设计与工程”专业外,飞行器结构力学课程也作为“飞行器动力工程”“飞行器制造工程”等其他航空航天类专业和“武器系统与发射工程”“探测制导与控制技术”等武器类专业以及“工程力学”等相关专业的基础课程,但不同专业学生对于飞行器结构力学课程学习的侧重点也有所不同。

如何针对学生基础知识的差异和对知识的需求不同,在有限学时内,进一步提升人才的培养质量至关重要。如“飞行器设计与工程”专业的学生,在本课程之前,已完成了弹性力学等先修课程,对于本课程中所用到的力学基本方程和能量法已基本掌握;“工程力学”专业的学生不仅已掌握了基本知识,对于板壳等通用工程结构的力学分析也有了初步认识,但缺乏对于飞行器这一实际具体工程对象的认识;而“武器发射工程”专业的学生并不具有弹性力学的基础知识。

二、传统工科专业核心课程教学改革方案

1. 结合最新科研成果,构建综合实践项目库,为结构力学教学内容“添料”

北京理工大学“飞行器结构分析与设计”课程组任课教师多年来一直致力于飞行器结构分析与设计相关的科研工作,先后完成了固定翼飞机、扑旋翼无人机、巡飞弹和全电推卫星等多种飞行器的结构设计,其中除了涉及杆系结构、蒙皮骨架结构和板壳结构等传统结构之外,还涉及复合材料结构、软体材料结构等新型结构形式。根据飞行器类别和典型结构形式对最新科研项目进行简化处理,构建覆盖结构力学课程所有基础知识的综合实践项目库,按照从单一知识点到多个复杂知识点,从传统结构形式到新型扩展结构形式对实践项目进行分类梳理。

在完成结构力学课程若干重要知识点讲解后,将相关实践项目告知学生供自由选择。例如,在完成杆系结构和板杆结构的学习后,将某桁架卫星或某飞机起落架结构的项目布置给学生,并提供结构的外部载荷和设计约束等条件,要求学生在此基础上分析初始设计方案下的结构承载和传力的特点,并为结构设计提供建议。

2. 利用信息化技术,构建虚拟仿真实验平台,为课程教学模式“增味”

“线上+线下”的混合教学模式是指利用现有的信息化技术和软件,通过网络和课堂混合的方式对学生进行教学。通过以北京理工大学宇航学院火箭和导弹的传统特色为基础,将典型战略战术导弹、巡飞弹和火箭等飞行器的经典型号的结构部件作为实物实验教学的基础,进一步构建包括固定翼飞机、卫星、深空探测器等其他航空航天飞行器经典型号的典型结构部件的设计、装配、承载、分析等虚拟仿真实验系统。利用虚拟现实(VR)技术,实现学生对不同航空航天结构部件的认知和力学分析的系统掌握和深入认知,以增加趣味性,提升学生学习的兴趣。

“线上+线下”的混合教学模式使得抽象的基础理论知识与形象的线上演示相对应,有效地拓展课程的教学空间,如可让学生自由更改结构设计方案,并完成力学性能分析并评估不同方案的优缺点,以激发学生学习兴趣;利用线上网络优势可增加教与学的互动性,提高线下课堂教学的效率,同时更好地满足了学生的求知欲,丰富了结构力学的学习途径;通过将有限元仿真软件与结构分析与设计课程所学习知识相对比,验证所学方法的正确性,同时也增进学生对有限元理论的初步认识,以适应航空航天技术的发展。

3. 系统梳理课程知识点, 构建知识点模块, 为课程教学内容体系“加样”

根据社会需求和应用技术型人才培养定位, 为适应“新工科”发展的理念和航空航天类专业的培养模式, 结构力学课程重构了课程内容体系, 在课程教学大纲中根据课程知识点设置了“基础+通用+专用+提升”的结构力学课程内容体系, 包括弹性力学“基础知识课程模块”, 杆系结构、板杆结构等“通用结构课程模块”, 蒙皮骨架结构等飞行器“专用结构课程模块”, 以及有限元理论和结构动力学知识的“课程提升模块”。

针对“飞行器设计与工程”“武器发射工程”和“工程力学”等不同专业学生先修课程基础和未来发展需求存在差异的问题, 按照“精理论、强应用、存差异”的基本原则, 对不同专业的学生进行课程模块化的“量身定制”。例如, 对于“飞行器设计与工程”专业, 结构力学课程需要在“通用结构课程模块”的基础上, 重点进行“专用结构课程模块”的讲解, 同时兼顾“课程提升模块”, 为后续课程奠定基础; 对于“武器发射工程”专业的学生, 由于不存在弹性力学等先修课程, 且对于蒙皮骨架等飞行器专用结构分析与设计相关的知识并无需求, 则课程重点进行“基础知识课程模块”和“通用结构课程模块”的讲授; 对于“工程力学”专业的学生, 已经掌握比较扎实的力学基础知识, 同时对于杆系结构等工程通用结构的力学分析也较为熟悉。为了进一步将力学知识与飞行器工程实际相结合, 课程重点进行飞行器“专用结构课程模块”和“课程提升模块”的讲授。

三、传统工科专业核心课程教学改革成效

北京理工大学“飞行器结构分析与设计”课程组任课教师, 将多年来在科研一线所从事的科研项目进行分类转化, 分别构建固定翼飞机、柔性充气浮空器、变形飞行器等航空飞行器和桁架式卫星、深空探测器等航天飞行器, 以及运载火箭和导弹相关的综合实践题库。以最新工程项目需求为背景, 将课程中所讲授杆系结构、板杆结构、工程梁理论等理论知识与多种典型飞行器结构相结合, 通过解决实际工程问题进一步加深对理论知识的认识和理解, 提升学生学以致用的能力, 同时增进学生对航空航天的热爱, 极大地促进学生的创新创业意识。例如, 学生依托某运载火箭贮箱的稳定性分析的综合实践题目, 深入探讨加筋结构布局和加工工艺对于火箭这种典型薄壁结构稳定性的影响规律, 进一步通过优化设计方法实现对火箭贮箱结构的优化设计。研究成果发表EI检索国际会议论文一篇, 同时参加“青创北京”2022年“挑

战杯”首都大学生创业计划竞赛。

为进一步丰富课程内容和教学形式, 提出“线上+线下”“虚拟+现实”的课程教学模式。一方面, 北京理工大学航空航天北京市实验教学示范中心所陈列多种典型飞行器结构, 为课程线下现场教学提供支撑; 另一方面, 虚拟仿真实验“卷弧翼静强度模拟”已上线实验教学平台, 并经过多年实践, 取得较好效果。学生通过虚拟现实技术, 深刻感受到飞行器结构力学这一传统课程所散发的魅力。

同时, 面向飞行器设计与工程专业本科生, 构建了“基础课程-专业基础-专业提升-实验实践”的“飞行器结构分析与设计”核心课程群, 在飞行器结构力学课程教学大纲中, 根据课程知识点设置了“基础+通用+专用+提升”的结构力学课程内容体系, 包括弹性力学“基础知识课程模块”, 杆系结构、板杆结构等“通用结构课程模块”, 蒙皮骨架结构等飞行器“专用结构课程模块”, 以及有限元理论和结构动力学知识的“课程提升模块”。以适应学校“书院制”改革模式下的人才大类培养。

结语

本文分析了在“新工科”建设的背景和需求下, 传统工科专业核心课程面临的主要问题和挑战, 明确了对授课内容和授课模式进行深度改革对于新工科创新人才培养的重要意义。通过与最新科研成果相结合, 构建综合实践项目库, 为教学内容“添料”; 构建虚拟仿真实验平台, 为课程教学模式“增味”; 构建模块化知识点, 为教学内容体系“加样”。形成创新人才培养的良性循环, 推动新工科建设的持续发展, 使得结构力学这类传统工科核心课程散发新时代的魅力。

参考文献

- [1]吴爱华,侯永峰,杨秋波,等.加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J].高等工程教育研究,2017(01):1-9.
- [2]钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(03):1-6.
- [3]赵聪慧.新工科背景下产教融合育人模式研究[D].西安:西安电子科技大学,2019.
- [4]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):12-15.
- [5]赵更新.结构力学辅导:概念·方法·题解[M].中国水利水电出版社,2001.
- [6]田建荣.现代大学实行书院制的思考[J].江苏高教,2013(01):60-62.