

飞行器结构力学课程教学改革策略初探

翟建军 孔祥霞*

北华航天工业学院, 中国·河北 廊坊 065000

摘要: 飞行器结构力学是航空航天类专业的重要专业基础课程之一, 对提高学生专业技能水平以及锻炼学生的工程实践能力具有重要作用。本文以北华航天工业学院飞行器结构力学课程为例, 针对当前该课程在开展过程中存在的问题进行剖析, 并立足于本校飞行器设计与工程专业特色对这门课程的教学进行了教学思考, 主要包含以下三个方面: 教学目标设计、课程内容优化、教学方式革新。通过以上三方面的改革举措, 不仅提升了课程现有状况下的教学效果, 也为其他领域的工程教育提供一定的参考。

关键词: 飞行器结构力学; 课程; 教学内容; 教学方式

Exploration of Teaching Reform Strategies for Aircraft Structural Mechanics Course

Zhai Junjun, Kong Xiangxia*

North China Institute of Aerospace Engineering, China Hebei Langfang 065000

Abstract: Aircraft structural mechanics is one of the important foundational courses for aerospace majors, which plays an important role on improving students' professional skills and exercising the engineering practical abilities. This article takes the course of Aircraft Structural Mechanics at North China Institute of Aerospace Engineering as an example to analyze the problems that exist in the current implementation of this course. Based on the characteristics of the Aircraft Design and Engineering major, teaching reflections on this course have been conducted, mainly including the following three aspects: teaching objective design, course content optimization, and teaching method innovation. Through the above three reform measures, not only has the teaching effectiveness of the current curriculum been improved, but it has also provided some reference for engineering education in other fields.

Keywords: Aircraft structural mechanics; Course; Content of courses; Teaching method

0 引言

力学对于工科生并不陌生, 它被誉为“工科生的内功”和“敲门砖”, 几乎所有的工科生在本科学习阶段都会系统的或者简单的接触力学知识, 它又像工科领域的语言, 支撑着后续专业课程的学习和工程实践的开展。在工科领域, 通常将“理论力学、材料力学、结构力学”统称为“三大基础力学”, 飞行器结构力学作为航空航天类专业的核心课程^[1,2], 课程虽源于三大基础力学, 但又是三大力学在飞行器领域的深化与拓展。针对飞行器设计与工程专业, 对于不同类型院校虽专业培养方案相近, 与培养大目标相关, 但对该课程学时、教学内容、培养方式等具体培养小目标则不完全相同。因此, 对于这样一门理论性强、概念抽象、对前置课程学习要求较高的课程, 针对北华航天工业学院航空宇航学院飞行器结构力学课程教学现状, 思考如何在学习基础力学课程(理论力学、材料力学)的基础上, 高效的开展理论教学从而将飞行器结构力学课

程教好、讲好是一线教师值得分析的问题。本文将结合实际教学, 从教学目标设计、课程内容优化、教学方式革新三个方面对 32 学时的飞行器结构力学课程教学进行改革与实践。

1 教学目标设计

飞行器结构力学以飞行器结构为研究对象, 重点分析其在各种载荷作用下的内力、变形、强度和刚度等问题。而与之紧密相关的便是结构力学, 二者虽名称相近但对于课程规划和学生知识体系构建却有明显的区别和联系。如果先修课程除了理论力学和材料力学外没有学习结构力学, 学生在面对超静定飞行器结构的内力计算时会感到困难。课程教学团队通过学情分析, 针对现有学时下将飞行器结构力学与结构力学两门课程的教学目标进行了融合设计, 提出“以基础通用性支撑专业针对性”的教学目标设计方案, 实现从一般结构到特种结构的知识迁移与能力衔接。主要从以下三方面开展设计:

(1) 构建“基础+专业”的双层教学目标体系,两门课程的融合需避免内容重复或脱节,明确“结构力学是基础支撑,飞行器结构力学是专业延伸”的定位,形成层次化目标。

(2) 围绕“通用方法”,融入“专业场景”的典型案例,32学时要在最短的时间完成最精准的学习,将结构力学的经典理论和飞行器结构的特殊性深度融合,以实现“基础方法-专业案例-拓展应用”的逻辑串联。

(2) 聚焦工科生核心能力培养,形成以“基础能力(通用力学建模与计算能力)-专业能力(飞行器结构的特殊问题分析能力)-综合能力(理论与工程实践的衔接能力)”的递进。

2 课程内容优化

在工科课程体系范围,结构力学作为三大基础力学之一承载了众多领域结构分析的通用方法和理论,其与飞行器结构力学课程相比,因场景和研究对象的区别而各具特色。针对当前北华航天工业学院飞行器结构力学课程教学中存在的学时少、前置课程摄入不足、后置课程内容抽象难以接收的问题,教学团队首先对课程使用参考教材进行了调研分析,针对市场目前的飞行器结构力学教材大致可分为四类:(1) 结构力学+弹性力学+薄壁结构理论+有限元基本原理,如:科学出版社出版的刘莉、孟军辉、岳振江老师所著的飞行器结构力学^[3];史治宇,丁锡洪老师所著的飞行器结构力学(第二版)^[4]。(2) 结构力学+薄壁结构理论+有限元基本原理,如:西北工业大学出版社出版的文立华老师所著的飞行器结构力学^[5]。(3) 弹性力学+结构力学+薄壁结构理论,如:华中科技大学出版社出版的金朋老师所著的飞行器结构力学^[6]。(4) 侧重于薄壁结构理论或侧重结构力学方法及矩阵分析,如:清华大学出版社出版的薛明德、向志海老师所著的飞行器结构力学基础^[7]和中国宇航出版社出版的梁立孚老师等所著的飞行器结构力学^[8]。调研发现不管上述哪一本教材内容都是极其丰富的,虽侧重点不同但在目前形势下32学时远远不能系统讲述完毕。根据目前北华航天工业学院飞行器设计与工程专业培养方案,学生在学习了基本的理论力学、材料力学课程之后,开始学习飞行器结构力学,而并行学习的课程还有有限元分析及应用,而这门课程还将涉及部分弹性力学、能量原理和有限元理论,为了在有限的学时内更好的将课程内容逻辑捋清,避免多课程内容搭边重复现象,课程教学组通过甄别分析教学内容选定龙驭球、包世华、袁驷老师在高等教育出版社出版的结构力学教材内容作为

主要参考。而为了将飞行器结构力学和结构力学两门课程整合为一门课程讲授,课程组对课程共性内容、讲授思路进行了分析。

针对课程共性内容包含:(1) 结构的几何构造分析。两门课程均以结构的几何组成规律为基础内容,无论是桥梁桁架、房屋刚架等通用工程结构,还是机翼骨架、机身框架等飞行器结构,均需通过几何组成分析明确结构的约束形式、多余约束数量以及体系的稳定性,从而判断结构是否存在几何可变量,为后续的内力计算奠定结构合理性基础(6学时)。(2) 静定结构的内力计算。两者均以平衡条件为核心,采用截面法、节点法等基本方法求解梁、桁架、刚架等结构的轴力、剪力、弯矩和扭矩,无论是建筑中的梁架还是飞行器机翼的静定支撑结构,其内力的计算原理、步骤完全一致(6学时)。(3) 静定结构位移计算的虚力法。结构位移计算也是二者的共性点,通过建立虚拟力系与实际位移的关系,求解结构在载荷、温度变化等因素作用下的线位移、角位移,虚力法的应用逻辑在通用结构和飞行器静定结构中完全相同(8学时)。(4) 超静定结构的分析方法。力法和位移法作为求解超静定结构的核心方法,是两门课程共通的关键内容,这些方法不仅适用于通用结构中的超静定结构位移求解,也适用于飞行器中由蒙皮和骨架组成的超静定薄壁结构(如机身环框与蒙皮的组合结构)计算(8学时)。

结合前文确定课程共性内容,两门课程合并为一门课程后内容讲解上要结合专业课程进一步深化,因此理论基础知识可以用桥梁和机械构件作为例子,帮助学生理解基本理论及方法;而在讲完基础理论之后用飞行器结构为载体,将共性理论应用于专业场景,既有利于巩固学生的基础知识又能理解飞行器结构的特殊性。如在超静定结构案例中,建筑中的多跨连续梁,用力法或位移法分析其支座反力与内力;飞行器机身舱段结构,可简化为等效刚架模型,同样运用超静定结构解法,分析在多类型载荷下的内力,不但体现了飞行器结构的特殊性,而且进一步加深了共性方法的学习运用。

3 教学方式革新

教学过程中除传统的课堂讲授方法外,可采用多样化的数字教学手段^[9,10],如:案例教学法:通过实际工程案例的分析,让学生将理论知识应用到实际问题中,提高学生的解决问题能力;问题导向教学法:让学生围绕某个问题自主查阅资料、分析问题、设计方案,不仅可以提升学生素养,还可以促进学生之间的思想交流和合作;线上线下

混合教学法:利用学堂在线、雨课堂等平台发布教学视频、电子教材、作业、测试等资源,方便学生随时查看的同时,也可增加互动交流等。此外,可有机融入线上课程资源,如中国大学 MOOC 平台上的结构力学国家精品课程,可作为基础共性理论部分学习阶段的线上辅助资源,学生能反复观看课程视频巩固知识。上海交通大学于哲峰老师的飞行器结构力学慕课,将助力学生把结构力学共性知识与飞行器结构特性结合。

关于课程考核评价方面,构建多元化考核与反馈改进机制,对学生学习情况、教师教学改进情况进行综合评定。改变单一用期末成绩决定学生最终成绩的做法,提高平时成绩占比,并加入更多评价要素^[1],如个人出勤、课堂参与度、作业解题思路、小组问题解决能力及团队合作能力情况等。考核学生的同时也是在考核教师,通过定时发放问卷、学生座谈会等形式听取学生对教学的意见与建议,并根据调研情况随时调整教学内容与方式方法,提升教学水平,比如课程的有些模块内容是否可以做得更好,某些题目的答案能否采用更多的、简捷的方式来解决,某个不易理解的概念在之后的教学中能不能以更为浅显易懂的方式来呈现等,从而形成教学相长的良性循环。

4 结语

本文对北华航天工业学院飞行器设计与工程专业飞行器结构力学课程教学进行了系统分析,分析表明学生在学习完理论力学和材料力学后,具备了学习飞行器结构力学的部分基础,但结构力学是飞行器结构力学的核心理论,而飞行器结构力学则是结构力学在航空航天领域的专业延伸,研究通过整合分析两门课程,提出了适合在有限学时下及当前学情下的飞行器结构力学课程教学目标、教学内容及教学方式,在培养学生的同时也使教学团队相互促进、共同成长。

参考文献:

[1] 葛健全,冯琪.“飞行器结构力学”课程的思政设计与实践[C].第五届全国高等学校航空航天类专业教育教学研讨会论文集,2023,34-39.

[2] 王晓兵.飞行器结构力学课程的教学体系分析[J].集成电路应用,2022,39(7):240-241.

[3] 刘莉,孟军辉,岳振江.飞行器结构力学[M].科学出版社,2022.

[4] 史治宇,丁锡洪.飞行器结构力学(第二版)[M].科学出版社,2018.

[5] 文立华.飞行器结构力学[M].西北工业大学出版社,2015.

[6] 金朋.飞行器结构力学[M].华中科技大学出版社,2025.

[7] 薛明德,向志海.飞行器结构力学基础[M].清华大学出版社,2009.

[8] 梁立孚,宋海燕,李海波.飞行器结构力学[M].中国宇航出版社,2012.

[9] 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.

[10] 曾汕,宋伟,杨佑绪等.基于 OBE 理念的项目驱动式教学法在“飞行器结构力学”课程中的应用研究[C].第六届全国高等学校航空航天类专业教育教学研讨会,2024,557-561.

[11] 王晓花,刘杰,李文辉.基于航空航天专业的基础力学课程教学初探[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2021,(03):110-112.

基金项目:北华航天工业学院教研课题(JY-2023-37,JY-2025-052);河北省研究生示范课建设项目(KCJSX2024109);河北省应用技术大学研究会课题(JY2022017);河北省高等教育学会“十四五”规划课题(GJXH2024-166,GJXH2024-169);北华航天工业学院硕士研究生教研项目(YJY-2025-03)。

作者简介:翟军军(1989-),男,博士,硕士生导师,研究方向:飞行器设计与工程。

孔祥霞(1989-),女,博士,硕士生导师,研究方向:结构分析与有限元。