

基于“两线五融入”的航空航天专业课课程思政改革

张梦樱¹, 丰志伟¹, 徐秦², 张青斌¹

(1. 国防科技大学 空天科学学院, 湖南 长沙 410073;
2. 军事科学院 战略评估咨询中心, 北京 100091)

摘要: 在专业课教学中融入思想政治教育, 打造专业课课程思政, 是牵引当前高校思想政治教育理念转变与模式创新的新途径。在研究生专业课“多体系统动力学”教学中, 通过对课程总体设计理念的梳理, 重新确立了知识与思政的双主线教学方针, 并积极探索了新时代专业课课程思政建设在五个“融入”方面的举措。基于课程历史回顾、工程实践总结和“融入式”教学探索, 完成从显性教育到隐性教育的转化, 拓展了课程的广度和深度, 在潜移默化中提升了学生的强国信心和报国情怀, 有助于强化“四个服务”的使命担当。

关键词: 课程思政; 航空航天工程; 多体系统动力学; 教学改革

中图分类号: G641 文献标志码: A 文章编号: 1672-8874(2022)04-0082-06

Ideological and Political Education Reform in Aerospace Engineering Major Courses Based on “Two Lines and Five-Integrated Teaching Practice”

ZHANG Meng-ying¹, FENG Zhi-wei¹, XU Qin², ZHANG Qing-bin¹

(1. College of Aerospace Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China; 2. Strategic Assessments and Consultation Institute, Academy of Military Sciences, Beijing 100091)

Abstract: Ideological and Political Education in major courses (IPEMC) is a new concept and new mode at present. Its core idea is to integrate ideological and political education into the teaching of major courses. In this study, the teaching practice in the course “multi-body system dynamics” for postgraduate students is taken as an example. By combing the overall design concept of the course, reconstructing the dual-line teaching practice regime of knowledge and ideology and politics, the authors have carried out initiative exploration in the “five-integrated” teaching practice of the ideological and political construction of major courses in the new era. By reviewing course history, sorting out engineering practices and exploring integrated teaching method, the explicit educational behavior is transformed into implicit education spirit, which broadens the breadth and depth of the course, and helps cultivate students’ feelings of serving the country and confidence to our motherland. In this way, the awareness of “four services” capabilities as their mission will be enhanced.

Key words: ideological and political education in major courses; aerospace engineering; multi-body system dynamics; teaching reform

一、引言

习主席在 2016 年 12 月全国高校思想政治工作会议上提出:“要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人,努力开创我国高等教育事业发展新局面。”同时强调,“思政教育并不仅仅是思政理论课的任务”,其他课程也要“守好一段渠、种好责任田,同向同行,形成协同效应,发挥隐性思政作用”^[1]。教育部在 2020 年印发的《高等学校课程思政建设指导纲要》中指出:“理工、工学类专业课程,要在课程教学中把马克思主义立场观点方法的教育与科学精神的培养结合起来,提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力。”^[2]近年来,专业课的课程思政已逐渐掀起了高校教育改革的新热潮,这既是思政教育形态的革新,也是思政教育形式的转变。其本质和要义在于依托各学科专业课课程的载体作用,激发课程的思政教育功能,培养德才兼备的社会主义合格建设者和可靠接班人^[3]。

国防科技大学开设的“多体系统动力学”,属于力学和航空航天类专业课,在二十余年的教学实践中已形成了一套相对完整的课程方案和成熟的教学方法。为响应课程思政教学改革的新要求,如何将经典课程体系与新时代要求相融合,切实贯彻落实“立德树人”的思政工作原则要求和核心内容,是本课及其他航空航天类专业课课程改革中面临的重大挑战。

本文基于国防科技大学空天科学学院研究生专业核心课“多体系统动力学”的教学,探索在航空航天工程专业课中开展“两线五融入”思政教学改革的新模式。如图 1 所示,通过梳理课程的总体设计理念和现阶段教学所面临的两个挑战,重新确立以知识和思政为“主线”的教学方针,并提出五个“融入”的思政教学举措。深挖课程应用场景相关资源,从资源建设、授课教材、课堂形式、实践环节和“第二课堂”五个角度开展融入式教学实践,为专业课思政教育提供支撑。本文研究的专业课思政改革思路与举措,有助于实现课程专业知识与思政教育同向同行的“全程、全方位育人”效果,对提升学生的强国信心和报国情怀具有较强的现实意义与作用。

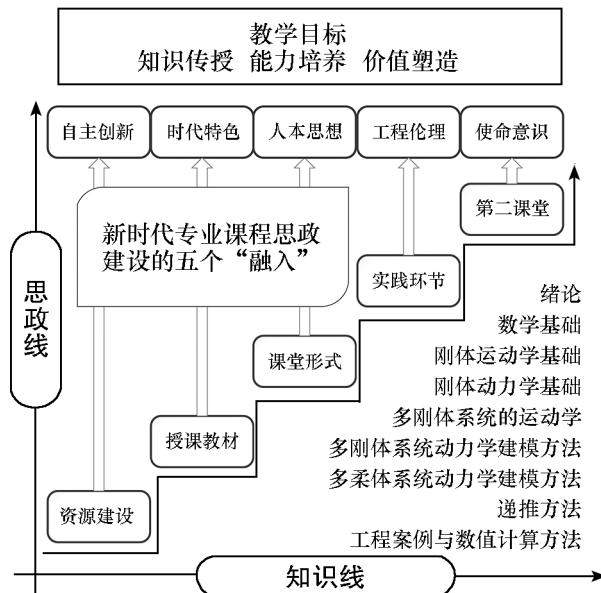


图 1 基于“两线五融入”的“多体系统动力学”课程思政改革路线图

二、课程思政改革总体设计理念

(一) 深入挖掘课程历史中的“空天基因”

自哈军工时期的导弹工程系延续至今,国防科技大学空天科学学院一直立足解决军事航天中的工程应用问题。在科研任务和人才培养的牵引下,学院成为国内较早一批开设“多体系统动力学”课程的院校之一。唐乾刚教授等老一辈教师参考并吸纳相关文献后自编了《多体系统动力学讲义》,使得本课程自创立伊始就筑牢了“自力更生、艰苦创业”的根基。

“多体系统动力学”是近代一般力学与力学基础的一个分支,是古典的刚体力学、分析力学和计算机等学科融合而成的一门新兴学科,主要研究由相互连接的刚体或变形体组成的多体系统的运动规律。其广泛应用于存在大范围运动的系统中,如机器人、车辆、空间结构等。与国内其他院校开设的同名课程有所不同,课程始终秉承浓厚的空天特点,不但介绍机械领域的多刚体系统动力学知识,而且以诸如载人航天工程返回系统中的多柔体系统为对象,引入多柔体系统动力学,从而拓展了学生的知识领域。开课以来,不仅面向本校研究生学员,也面向航天系统定向研究生,为党和国家培养了大批德才兼备、技术过硬的高层次航天人才。

(二) 目标定位贯彻思政要求

“多体系统动力学”课程当前的定位是工科研究生的专业选修课，在经典力学的基础上系统介绍了多体系统的动力学建模原理，并立足现代计算技术，具体讲解了应用数值计算方法求解经典多体系统动力学问题的技术路线。“多体系统动力学”课程的新时代思政改革工作，必须坚持以培养社会主义建设者和接班人为根本任务，课程教学目标主要包括三个层面：

1. 知识层面目标

了解多体系统动力学在航天领域的发展趋势，理解基于图论的多体系统运动学和动力学知识，掌握罗伯森-维滕堡方法和凯恩方法，熟悉多柔体系统浮动坐标法建模原理。

2. 能力层面目标

通过开展多体系统动力学数学建模和仿真编程实践，具备解决航天器、机器人、车辆、装备兵器等复杂机械系统动力学与控制问题的理论分析与数值仿真能力。

3. 价值层面目标

通过课程学习巩固唯物主义世界观和方法论，感受我国航空航天领域多体系统动力学发展的艰辛与成就，增强学生民族自信心和自豪感；把握多体系统动力学技术发展机遇，正确认识自身专业赋予的时代责任和历史使命。

(三) 围绕思政要求梳理课程挑战

1. 老课新讲，激发创新生命力

作为已连续开设二十余年的研究生专业课，“多体系统动力学”已形成一套完整且成熟的课程方案和教学方法。这门“硬核”专业课具有高度的数学抽象性和严密科学性等特点。此外，由于授课对象广泛，既有来自力学和航空宇航专业有一定基础的学生，也有其他专业基础较为薄弱的学生，需要创新发展通俗、生动且直观的教学手段。

2. 专业课 VS 思政点，融入是关键

多体系统动力学的专业性较强，表象上不具备丰富的思政课程教学案例资源。因此，如何有效挖掘课程中的思政元素，结合空天特色，把老一辈航天工作者光荣的“航天精神”“两弹一星精神”和“载人航天精神”有机融入到课堂教学实践中，做到润物细无声，是当前在教学理念和教学方法上亟需研究和解决的重要问题。

(四) 课程思政建设总体思路

开展专业与思政“融合式”教学，关键在于挖掘课程内容中的思政元素，以“立德树人”为理念、以潜移默化为形式、以水到渠成为目标，在教育全过程开展专业课建设和课程设计。

1. 回顾光荣历史，筑牢空天文化自信

把课程内容和航天领域，尤其是在多体系统动力学方向的发展历史有机结合，突出教学内容中所蕴含的空天特色，并挖掘文化自信。

2. 注重工程实践，发掘专业思政元素

梳理教学组所经历的典型科研攻关事件，侧重建设航天强国的主旨，激发学生投身航天的家国情怀，发掘其献身国防的使命担当。

3. 探索“融入式”教学，激活思政“正反馈”作用

为避免以说教与灌输等生硬方式开展教育，基于学生认知特点改革教学举措和方式，激发学生的自我思考和讨论，使思政元素自然融入课程内容之中。

三、知识与思政双主线构建教学实践

在专业课教学实践中引入课程思政，重点在于通过挖掘课程内容中的德育元素，潜移默化地将思想政治教育融入其中，实现专业课与思想政治理论课“同向同行”的协同效应。首先，切忌机械地套用思政课程的形式，应依托专业课知识主线同步拓展思政内容。其次，专业课程思政不等同于专业课程与传统思想政治课程在形式上的简单叠加，而是思想政治教育在面向一种新的知识体系和学科语境中的探索和开发。这是对专业课程与传统思政课程在教学形式上的全面革新，旨在实现“知识传授、能力培养和价值塑造”三者的有机统一，如表1所示。

(一) 知识线为载体

“课程思政”强调的是“春风化雨，润物无声”，但其建设既不能弱化专业课程与学科的深度和广度，也不能脱离专业课程或学科的内容与性质特点^[4]。为实现课程教学目标，教学组依据教材和教学大纲编写教案，并结合教学经验、学生反馈与督导意见，基于教材和大纲制定了一条清晰的课程教学知识线。在开展教学实践的过程中，应当围绕知识线，梳理合适的课程思政案例，好的案例必须和知识点契合，否则也不宜采用。根

据知识传播的需求, 凝练合适的思政点, 配合教学组的教学实践。

表1 “多体系统动力学”课程中的思政教学内容(节选)

课程内容	知识点与思政线的结合点	思政教学目标与价值引领
绪论	多体系统动力学概念、特点、发展历史 多体系统动力学发展现状和前景	事物的联系与发展; 不怕失败、勇于探索 增强使命意识和责任担当
	多体系统动力学的学习方法	自主学习能力
刚体运动学基础	四元数方法解决欧拉角表征的奇点问题	矛盾分析法: 山重水复疑无路、柳暗花明又一村, 不畏挫折, 不放弃
刚体动力学基础	拉格朗日方程	公式中的数学美
多刚体运动学基础	结构的图论描述	多学科交叉, 创新精神
罗伯森-维滕堡(R-W)方法	无根树系统案例: 天和机械臂 增广体案例: 神舟13号太阳能帆板展开	自主创新高地: 文化自信, 科技自信 爱国情怀和民族自豪感
凯恩(Kane)方法	凯恩方法动力学建模案例: 卫星转台	敬业、专注和创新的工匠精神
柔体系统动力学建模方法	绝对节点坐标方法案例: 空间绳网建模	严谨求实的工作作风和科学精神
递推方法	单链系统的递推算法	事物的联系与发展: 协作意识
工程案例与数值计算方法	多体系统动力学的几何数值积分方法	自主知识产权

(二) 思政线为牵引

并不是每个知识点都有思政案例, 但思政案例必须按照知识线加以嵌入, 并形成思政线重新串联知识点。知识上, 达到帮助学生加深理解的效果; 情感上, 起到激发学生兴致并唤起认同的效果。因此, 教学组在“多体系统动力学”课程教学实践中, 在保证专业知识和技能培育质量的前提下, 充分挖掘了该课程的思政教育元素。以下展示本课程中的两个典型教学思政案例。

1. 教学案例(1): “天和号”空间站核心舱机械臂——百变金刚“中国臂”

知识点: 转动铰系统的运动学

内容: 2021年7月4日14时57分, 神舟十二号航天员乘组密切协同, 圆满完成出舱活动期间全部既定任务。在此次出舱任务中, “天和号”空间站核心舱机械臂最为引人瞩目^[5], 如图2所示。



图2 空间站核心舱机械臂托举航天员顺利完成出舱活动任务

空间站核心舱机械臂是我国目前智能程度最高、难度最大、系统最复杂的空间智能制造系统。机械臂展开长度10.2米, 设计有3个肩关节、1个肘关节、3个腕关节, 具有七自由度的活动能力。这些关节均为单自由度转动铰, 使机械臂成为典型的转动铰联结的链式多体系统。机械臂能通过末端执行器与目标适配器对接与分离, 就需要精确测量并对末端执行器的位置和姿态等运动学参数进行控制。机械臂受其特点所限, 测量和控制关节的相对运动较为方便, 就需要研究刚体相对转动运动学。以铰(关节)相对坐标作为独立变量, 建立各刚体运动学参数的表达式, 进而为机械臂的动力学分析和运动精准控制奠定基础。

思政点: 一方面, 结合时事热点讲述学习内容, 由天和机械臂引出抽象的多体系统运动学分析, 将热门新闻与多体系统运动学理论基础相联系, 引发学生学习复杂理论知识的兴趣。另一方面, 通过介绍全部核心部件实现国产化的科技成果, 培育学生自主创新的精神, 激发其面向世界科技和军事前沿、面向国家重大战略需求的自信和勇气, 以及空天报国使命担当。

2. 教学案例(2): 卫-弹多体动力学红外目标识别算法

知识点: 基于相对坐标的多体系统动力学建模

内容: 在红外末敏器工作阶段, 卫-弹多体系统近似铅垂匀速下落。但由于受到子弹自旋及

各种干扰因素的影响,弹体发生晃动^[6],如图3所示。晃动使红外探测器的光轴相对地面发生偏斜摆动,从而影响捷联末敏器的目标信息探测与攻击点方位测量,产生较大误差。

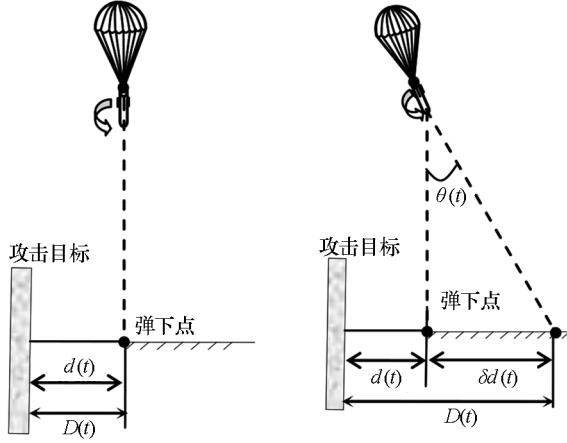


图3 末敏器目标识别示意图

由于时间紧、任务重,项目组全体人员迅速投入科研攻关,昼夜奋战、忘我工作、无怨无悔,在有限的时间内圆满完成了任务。通过聚智攻关、团结协作,创造性地构建了矢量形式的伞-弹九自由度多体动力学模型,完成了伞-弹两体系统的小扰动分析研究,准确分析了小扰动情况下的子弹俯仰角,并考虑子弹姿态的变化,从而消除了子弹晃动对试验数据的影响,多次空投试验结果证实了该方法的正确性和有效性。

思政点:在“多体系统稳定性分析”的知识点教学中,讲述教学组前辈们在军队重大工程项目中的科研攻关亲身经历,引发学生的认同,并自觉培育“自力更生、大力协同、尊重科学、严谨务实、献身事业、勇于攀登”的航天精神。通过讲解力学与图像识别领域的交叉应用案例,激励学生形成勇于破除学科壁垒、不断探索创新学科交叉融合的科学精神。

四、新时代专业课思政建设的五个“融入”

(一) 优化教学资源,融入自主创新

针对课程缺乏面向教学的专门软件系统,在规避“软件制裁”的前提下,为了拓宽学生课下自主进行多体系统动力学实践的渠道,教学组秉持“建用并进、持续迭代”的理念逐步扩大资源规模,开发了基于开源软件的实践教学项目^[7]。

通过对常用多体系统动力学开源软件进行调研,优选稳定性好且帮助文档较充分的软件,进行自主可控且不受许可证限制的二次开发。通过构造五个专题的实践平台演示项目,包括:曲柄滑块机构、大范围旋转梁、绳索弯曲缠绕、太阳能帆板展开和火星车行驶等,给学生提供直观且生动的自主学习资源。在经典演示案例的基础上,学生还能开展基于实践平台的自主探索,操作简单,趣味性和获得感十足,从而实现将“自主创新”的新渠道、新思路和新理念融入教学资源中去,进而提高学生的实践动手能力、综合分析问题能力、科学探究能力和创新意识。同时,师生共建、开源可控的教学资源建设模式也精准体现了适应时代发展与支持师生成长成才的课程改革创新内蕴^[8]。

(二) 升级授课教材,融入时代特色

在经历了半个多世纪的发展后,多体系统动力学已在机构、车辆、空间结构、机械臂和机器人等大范围相对运动非线性动力学系统的设计上有着广泛的应用,这使得教材体系亟待更新。“教材是人才培养的主要剧本,教学改革改到实处是教材”^[9]。为抓实抓好抓牢教材这件工作,教学组近年来紧跟前沿科学研究,引入多体动力学领域著名学者 Ahmed A. Shabana 教授的著作《多体系统动力学(第4版)》,如图4所示,以译著方式完善教学资源建设。采用新教材,在经典授课内容中加入原汁原味的大变形柔性多体系统建模方法和领域成果的最新应用,体现出课程“与时俱进、开拓创新”的设计理念。

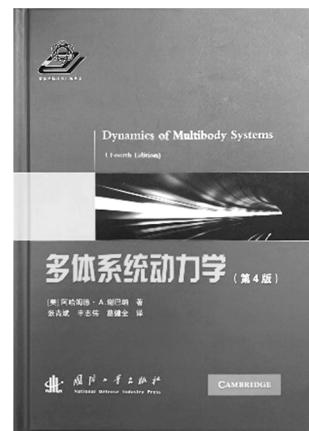


图4 新编译教材《多体系统动力学(第4版)》

(三) 丰富课堂形式,融入人本思想

以教师为主的传统教学,通常采用以讲授为主的教学方式。由于缺少对学生真实需求的理解,

忽视了学生的主观能动性,使得学生难以真正参与到课程之中,导致教学效果欠佳。本课程设计采用问题导入、讲授、探究、“翻转课堂”和“对分课堂”等多种方式,促使学生成为动力主体、实践主体和价值主体。例如,在“多刚体运动学基础”章节,布置预习基于图论的系统结构描述方式,推动“翻转课堂”实践,实现当堂授课并讲评。以学生为中心,以多样的课堂形式,为师生提供了共同讨论、共同感悟的机会,并培养了学生的力学思维和多学科融合意识。

(四) 增加实践比重,融入工程伦理

研究生专业课的学习与科学研究紧密结合,学习的过程其实也是解决工程实际问题的高度模拟。作为未来国家建设和发展的主力,研究生需在课程学习中锻炼实践能力,训练科学思维方法和理解科技伦理。课程设计围绕基于问题的学习(Problem-based learning,简称PBL)^[10]开展教学实践,强调“学思结合、知行统一”。布置两连杆动力学建模与仿真、空间漂浮机器人动力学建模、卫星抓捕动力学、绳网展开动力学和跳远运动等十余项开放性大作业,按照差异性和互补性划分小组,并以科研项目的标准和模式进行验收^[11]。通过文献综述、小组讨论、分组工作与汇报答辩环节,不仅能锻炼学生的自主学习能力、科研攻关能力和科技论文写作能力,还培育了学生的学术诚信意识和团队协作精神。

(五) 引入第二课堂,融入使命意识

汲取一线科研工作者和领域名家的优秀经验,为学生学习课程提供了一个眼界开阔的学习平台——“第二课堂”。课程以“物-伞多体系统的应用——空降空投装备”为主题,邀请专家进入多体系统动力学课堂,介绍空降空投装备现状及发展。嘉宾通过分析制约装备发展的痛点和难点,引导学生面向国家重大战略需求,弘扬勇攀高峰、敢为人先的创新精神,培养其探索未知、追求真理的责任感和使命感,将远大抱负与空天事业紧密结合。特别地,邀请相关军事领域专家,激发军籍学员“为战而研、聚焦打赢”的学习训练热情,让学习科研向实战靠拢、向打赢聚焦,更能体现一切向战、为战服务的鲜明导向和思路。

五、结语

面向新时代专业课思政教育的要求,以“多

体系统动力学”为例,开展航空航天类课程思政的探索。针对“多体系统动力学”的课程专业性强、思政元素不明显等难点,本文从课程总体设计理念、教学实践方针及教学举措等方面,系统阐述了教学组对航空航天和力学专业课课程思政的探索与思考,回应了老课如何新讲和专业课如何融入思政元素这两个重要挑战。

参考文献:

- [1] 万鹏,赵晶,沈王一.习近平谈高等教育:把立德树人作为中心,把思政工作贯穿全程[EB/OL].(2016-12-09)[2021-10-20].<http://cpc.people.com.cn/xuexi/n1/2016/1209/c385474-28938271.html>.
- [2] 中华人民共和国教育部.教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL].(2020-06-01)[2021-10-20].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200603_462437.html.
- [3] 杨威,汪萍.课程思政的“形”与“质”[J].马克思主义与现实,2021(2):195-202.
- [4] 叶志明,汪德江,赵慧玲.课程、教书、育人——理工类学科与专业类课程思政之建设与实践[J].力学与实践,2020,42(2):214-218.
- [5] 施歌.行走吧!机械臂[EB/OL].(2021-07-09)[2021-12-20].http://www.xinhuanet.com/politics/2021-07/09/c_1127638220.htm.
- [6] 唐乾刚.末修子弹若干关键动力学问题研究[D].长沙:国防科学技术大学,2007:78.
- [7] TASORA A, SERBAN R, MAZHAR H, et al. Chrono: an open source multi-physics dynamics engine [C]// International Conference on High Performance Computing in Science and Engineering. Soláň, Czech Republic: Springer, 2015:19-49.
- [8] 张青斌,丰志伟,葛健全.多体系统动力学[M].4版.北京:国防工业出版社,2019.
- [9] 郭亚丽.吴岩:抓好教育教学“新基建”走好人才自主培养之路[EB/OL].(2021-12-03)[2021-12-16].http://edu.china.com.cn/2021-12/03/content_77906994.htm.
- [10] PRINCE K J A H, VAN EIJS P W L J, BOSHUIZEN H P A, et al. General competencies of problem-based learning (PBL) and non-PBL graduates [J]. Medical Education, 2005, 39(4):394-401.
- [11] 张青斌,葛健全,邹文,等.多体系统动力学的案例教学研究[J].大学教育,2018(9):74-76.

(责任编辑:邢云燕)