

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2013.04.035

《多体系统动力学》教学改革探索

张青斌, 唐乾刚, 葛健全, 张晓今

(国防科学技术大学 航天科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 《多体系统动力学》是一般力学与力学基础研究生专业的核心课程, 具有较深的理论性和很强的工程应用性。文章就如何增强研究生的学术研究热情、培养科学创新能力等方面, 从学科前沿、案例式教学和综合考核等方面探讨了《多体系统动力学》的讲授方法与考核方式。

[关键词] 多体系统动力学; 创新能力; 教学方法

[中图分类号] G642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2013)04-0111-02

An Exploration of Teaching Model of Multibody System Dynamics

ZHANG Qin-bin, TANG Qian-gang, GE Jian-quan, ZHANG Xiao-jin

(College of aerospace Science and engineering, National University of Defense Technology, ChangSha 4100073, China)

Abstract: Multibody system dynamics, with prosperity of comprehensive theoretical value and wide engineering application, nowadays acts as a key curriculum for postgraduate majoring in general and fundamental mechanics. New case of teaching methods and comprehensive exam regulations covering academic frontier are specifically presented in this paper to boost students' researching interest and promote their innovative ability.

Key words: multibody dynamics; innovative ability; teaching method

多体系统动力学是一般力学领域的研究热点和难点之一, 可为航空航天、机械、兵器领域中大量复杂系统的动力学分析和优化设计提供强有力的理论工具与技术支撑^[1]。《多体系统动力学》作为专业核心课程, 具有理论性强且与工程实际紧密联系的特点, 一方面涉及到理论力学、材料力学、弹性力学、分析力学、应用数学等多种基础理论知识; 另一方面, 具有很强的综合性与应用性, 并且还存在着许多有待深入的研究领域。因此, 从教学的角度来说, 该课程既利于提高研究生的理论水平, 也适于与科研前沿结合培养研究生的综合创新能力。

我国研究生教育的创新意识与创新能力不足, 其中的一个重要原因就是专业教学环节中过分重视基础知识传授、轻视创新意识与创新能力的训练^[2,3]。课程教学, 尤其是专业课教学作为实现人才培养目标的主渠道, 对研究生综合能力培养起着至关重要的作用。本文针对我校研究生的专业特点, 就如何增强研究生的学术研究热情、培养其严肃认真的科学态度和创新精神等问题, 提高其未来从事航天器的多体系统动力学建模、设计和控制等研究能力, 从学科前沿、案例式教学、综合考核等方面探讨了《多体系统动力学》的讲授方法和考核方式。

一、强调学科前沿对研究兴趣的引导作用

与本科生相比, 研究生的世界观和人生观基本定型,

一般都有比较清晰的学科专业发展目标和人生规划。同时, 研究生作为未来科学研究的生力军也具有较强的求知欲、自学能力和自主意识, 善于吸取新思想和新方法, 而且特别希望专业教师讲授最新的研究成果。《多体系统动力学》是一般力学专业研究生的核心课程, 作者结合学生的专业背景以及未来可能的科研方向, 在第一次绪论课中采用多媒体教学方式, 比较形象直观地介绍了多体系统动力学在航天领域中的发展趋势、研究热点和典型的工程应用问题; 同时利用我校在物-伞多体系统动力学、卫星多体系统动力学等领域的最新研究成果, 讲述多体系统的动力学建模原理和工程应用成果, 并介绍目前国内外著名的研究机构 and 知名学者。作者试图通过内容丰富的绪论课, 让学生直观地了解多体系统动力学研究热点和难点, 譬如多体系统的动力学建模难点、动力学方程的求解策略、多体系统动力学数值求解技术、多体系统的控制设计、多体系统动力学仿真软件开发; 同时也指出目前尚存争议的问题和最新研究动态, 如考虑几何非线性、材料非线性的柔性多体系统动力学建模与控制设计问题, 不确定性多体系统动力学建模、控制与数值求解技术等, 多体系统动力学与电、热、磁和流体等其他类型的物理场多场耦合问题。为了便于学生加强基础知识的学习, 选取了经典的中文教材; 同时为了提高学生专业英文文献的阅读能力, 了解相关理论

[收稿日期] 2013-04-20

[作者简介] 张青斌(1975-), 男, 山西大同人, 国防科学技术大学航天科学与工程学院副教授, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为飞行器多体系统动力学、物-伞系统动力学。

的研究状况,还选取了多本著名的英文教科书,如美国 Shabana 所著的《Dynamics of multibody systems》、德国 Wittenburg 所著的《Dynamics of multibody systems》,使学生可以在教学过程之中感受学科领域里的国际教学方法,提高英文专著的理解能力。

总之,作者在《多体系统动力学》授课过程中,通过介绍相关理论研究方向、应用研究方向、研究热点和难点以及可能的创新点,启发学生思考,引导学生养成创新研究必须基于存在的问题并了解国际学术前沿动态的理念。同时,作者吸取国际同行的教学内容,将新的理论方法、发展趋势充实到教学讲义之中,目的是突出强调学科前沿对培养创新的引导作用,扩展学生视野,激发其探索兴趣和研究热情。

二、重视案例教学对创新思维的启发作用

科研创新能力是研究生应有的重要能力之一。该能力的培养也是最能体现研究生教育区别于本科教育之所在。研究生课程教学通常安排在入学后的第一学年,在课程学习结束后研究生将进入学位论文工作阶段。如果能在课程学习阶段就充分培养科研能力,则将会为研究生后续工作打下良好的基础;相反,如果在专业课程学习中忽视科研能力的培养,则可能导致研究生在科研选题、研究方法、论文写作等方面遇到困难。在传统研究生教学模式之中,老师通常采用以教材为中心、以讲授为主的教学方式。这种模式过于强调知识的系统性和完整性,把研究生只看成知识的接受者,侧重于单方面的讲授,忽视学生的主观能动性,往往将教师对教学内容的理解直接灌输给学生,致使学生被动听讲,主动参与较少。该模式的主要弊端是很难对学生进行创造性思维方式的培养和训练。

研究生学习知识的目的,是为了应用知识解决问题;只有了解问题的应用背景,学生才有求知的愿望和要求。如果能使学生明确《多体系统动力学》中各种方法的发展历程和应用背景,就能更好地激发其学习兴趣。《多体系统动力学》涉及到较多的数学和力学知识,其力学原理相当抽象(如虚功率或虚功原理),具体的动力学公式推导也相当繁琐。作者借鉴首要式的教学方法^[4],在整个教学过程中以刚性三连杆、刚柔耦合卫星、空间卫星机器人、飞船-降落伞等多体系统为例,采用如下讲解思路阐述 R/W、牛顿-欧拉法、Kane 法等建模方法:(1)先让学生了解到上述航天动力学问题的工程背景,进而了解该课程的重要性和实用性;(2)结合具体问题和具体公式,帮助学生激活已有的动力学知识,回顾和复习相对于绝对运动、广义坐标、动力学原理的知识要点,增强研究生的学习信心;(3)阐述多体系统动力学中的结构描述方法(图论),以及基于关联矩阵、通路矩阵的树系统动力学建模原理;(4)布置课后作业,促进学生掌握上述新的知识要点;(5)鼓励学生结合自己的力学基础知识,尝试采用矢量力学和分析力学等不同的建模方法,掌握多体系统动力学建模方法,体会不同建模原理的差异性和优缺点。采用上述教学方法,可很好地阐释《多体系统动力学》的研究方法和创新过程,增加对多体系统动力学的感性认识,并在一定程度上激发了研究生的创新热情。在具体的课堂教学模式上,作者将

“灌输式”变为“研讨式”,将“一言堂”变为“群言堂”,强化师生间在课堂上的互动关系,增强研究生的学习自主性;激励学生独立思考和质疑,培养他们科学的批判精神和综合分析、研究问题的能力。

总之,《多体系统动力学》的基础理论十分抽象,如果仅仅讲授动力学公式的推导过程,过分注重数学力学方法,那学生就很难理解相关动力学原理与其创新方法。采用案例式教学方法,通过具体的工程问题向学生揭示该学科的研究方法。研究生可通过联想展开思考,在思考和比较中对所学知识进行融会贯通、举一反三,也能将原来杂乱的概念形成清晰的知识体系。同时,研究生在学习过程中可感性地体会到《多体系统动力学》所要解决的工程问题、建模思路、求解策略和目前尚未解决的理论难题。

三、突出综合考核对实践能力的强化作用

研究生的应用能力主要体现在解决实际工程问题的综合能力之上。传统笔试形式的考试模式,往往难以考核学生解决问题的能力 and 创新能力。为了充分体现公平和合理的判定标准,作者将过去主要根据掌握知识多少的笔试模式,改革为注重对学生知识运用能力、综合素质和创新能力的考核模式。为此,采用了较为灵活的考核机制,强调综合应用能力和创新能力的考核,采用了课堂研讨、闭卷考试和学术论文相结合的考核模式。最终考试成绩主要由三个部分组成:(1)课堂发言:把学生参与课堂授课和讨论的质量作为平时考核成绩,占总成绩的 20%;(2)闭卷考试:主要考核学生对基本知识要点的掌握程度,占总成绩的 40%;(3)学术论文形式的大作业:主要考核学生解决工程问题的综合创新能力,占总成绩的 40%。

本科生阶段主要强调掌握基本知识,研究生阶段更强调素质和综合能力的培养,包括理论基础、实践能力与总结表达能力等^[5]。像本科生那样只进行笔试来检测学生掌握专业知识的考核方法,已经不适合对研究生诸多能力的考核与检验。为此,作者在课程考核中引入了“学术论文”形式的大作业。事实上,学术论文撰写能力也是研究生必须具备的科研能力之一,该能力的培养不仅有助于学位论文的撰写质量,也有利于他们将来撰写各类技术报告。针对学生的专业背景,作者选取了四个典型的航天多体系统动力学问题,由学生选择其感兴趣的动力学问题进行文献检索、阅读有关资料,按照期刊论文格式撰写作业,帮助其提高自学能力、获取信息和利用信息的能力、文字表达能力,培养学生的科学素质和创新能力。为此,特别提出如下要求:(1)论文严格按照中文核心期刊的投稿要求进行撰写;(2)外文参考文献保证不低于 10 篇(目的是提高学生的专业英语的阅读能力);(3)参考文献必须进行规范的标注和引用;(4)正文文字数不少于 6000 字;(5)对算例仿真结果要有较深入分析与讨论。课程结束之后,作者也咨询了学生对授课与考试的感受体会。学生普遍反映这种考核方式虽然比较“辛苦”,但是基本掌握了多体系统动力学的学术思想,并深刻体会到了研究过程的乐趣。

四、结束语

创新能力培养是研究生教育的核心(下转第 115 页)

式进行互动教学,更重要的是能够演示数字信号处理的变化过程及响应结果等。从而,便于学员理解和记忆,激发其兴趣和主动性,拓展其思维空间。另一种现代教学手段就是建立“数字信号处理网络课程”,一个学员课后自主学习平台,提供课程信息、电子教案、课件、视频讲授、辅助资源、网络作业与测试、实验以及网络交流答疑等功能。弥补课堂教学沟通不充分,学员自学通道不畅等问题,实现网络在线答疑和讨论,加强教与学的信息交流。

但是,数字信号处理很多内容逻辑推理性强,公式推导多,若完全用多媒体展示出来,学员一眼看过,难以留下深刻印象,有时屏幕滚动过快,学员更难理解相关内容。另一问题就是学员课堂听得好,忘的也快,难以做到听课与做笔记并行,这给课后的复习带来了困难。此时,传统的板书推演,将公式推导边写边讲,让整个思路过程快慢有度地逐步再现,来龙去脉循序渐进、层层深入,学员有更多思考时间,更能理解、接受相关知识。所以,灵活地实现多媒体教学手段和传统教学手段的并用、取长补短,达到最佳的课堂教学效果。

(五) 加强实验教学体现课程技术性

数字信号处理课程工程性、应用性强,其理论知识可直接应用,实用性显而易见。故绝大部分学员在刚接触课程时兴趣和意愿都相当强烈,但若课程教学只讲述抽象理论知识,从公式推导公式,忽略了课程的工程技术和应用价值,将导致学员质疑课程的实用性,以几至于大多数学员在学习中期就由主动变为应付。为避免此种情况的发生,必须加强实验教学,让实验教学与理论教学同步进行,以便及时有效的加深学员对理论知识的巩固和理解,并且能够将理论应用于实践。加强实验教学体现课程技术性,需从以下两个方面展开:

一是授课过程中贯穿 MATLAB 仿真,打破理论教学与实验教学的界限。利用 MATLAB 仿真的图形和动态演示,让学员领会到诸如抽样定理、频谱概念、离散傅立叶变换 DFT 概念、信号滤波原理等抽象理论,以及离散线性卷积、

圆周卷积、信号滤波器设计等算法的真正涵义。同时,适当引入使用 MATLAB 处理军事信号的实例,比如雷达、声纳信号滤波,通信信号调制与鉴别等,激发他们的兴趣和求知欲,强调理论和实践并重,理论和应用相互依靠和支持的辩证关系。

二是设置课程实验,学员自己动手编写程序实现处理算法,既巩固理论知识,又锻炼分析问题、解决问题的能力。实验项目既有基础性实验,又有设计性和综合性实验,还有以 DSP 开发为主的硬件实验几个层次。让多层次实验教学成为培养学员探索新方法的能力和创新意识的重要环节。

四、结束语

随着部队信息化建设的发展,数字信号处理的重要性更加显著。提高该课程的教学质量,有着极其重要的作用。因此,针对“数字信号处理”课程的特点,从课程内容优化到教学方法和手段改革进行研究,提出理论教学过程中注重联系装备应用,激发学习兴趣。灵活运用多种教学手段、设计多样化的教学实践提高学员工程实践能力和创新能力。这些有益的探索和尝试,教学质量效果明显提高。

[参考文献]

- [1] 余颖,肖静,刘树博. 数字信号处理课程教学改革的探索和实践[J]. 东华理工大学学报(社会科学版), 2011, 30(3): 294 - 296.
- [2] 李昌利,“信号与系统”及相关课程一体化改革[J]. 电气电子教学学报, 2011, 33(4): 27 - 28.
- [3] 程佩青. 数字信号处理教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [4] 王俊峰. 交互式教学在数字信号处理课程中的应用[J]. 中国电子教育, 2010(2): 64 - 67.

(责任编辑: 胡志刚)

(上接第 112 页)

内容,也是研究生教育的本质所在。作者在《多体系统动力学》的教学过程中,通过介绍学科前沿,使学生了解该领域的研究动态、热点和难点以及可能创新点,启发学生思考、引导学生养成了解国际学术前沿动态的理念;为了便于掌握和理解多体系统动力学中复杂的数学推导,采用案例式的课程教学模式,结合具体的航天动力学问题,调动学生的主观能动性,将“要我学”变成“我要学”,帮助他加深对知识的理解和掌握,培养其严谨科学的态度;在考核模式上,通过学术论文撰写的方式来培养学生的综合创新科研能力。课后调查表明,大部分研究生可以针对具体的航天动力学问题,独立地完成动力学建模,甚至还有较深入的仿真分析,实践表明上述措施有效实现了教学目标。

[参考文献]

- [1] 戎保,芮筱亭,王国平,等. 多体系统动力学研究进展[J]. 振动与冲击, 2011, 30(7): 178 - 187.
- [2] 杜春华. 如何在专业课教学中培养研究生的创新能力[J]. 发明与创新, 2011(5): 41 - 42.
- [3] 姚宣霞,王照顺,张德政. 开展研究型教学、促进高质量创新型研究生的培养[J]. 计算机教育, 2011(2): 1 - 5.
- [4] 周臻,尹凌峰,廖志伟. 基于首要教学原理的结构力学教学过程重构[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(5): 59 - 64.
- [5] 刘子利,梁文萍,姚正军,等. 培养研究生创新能力的材料专业课程教学改革与实践[J]. 科技创新导报, 2011(1): 164 - 165.

(责任编辑: 赵惠君)