

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2009.01.018

# 适应航天技术发展需求，建设多层次 航天器轨道理论与应用系列课程\*

郝晓宁<sup>1</sup>，王威<sup>2</sup>，高玉东<sup>2</sup>，吴美平<sup>2</sup>，王海丽<sup>2</sup>

(国防科学技术大学 1. 航天与材料工程学院; 2. 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 在航天技术飞速发展的背景下, 紧密结合航天器轨道理论与应用教材建设的需求, 将多年的教学经验和最新的科研成果及时充实更新到课程教材建设和教学实践当中, 跨学院(学科)构建了具有鲜明特色的航天器轨道理论与应用系列课程体系, 通过在本科生教学、研究生教学、军队和航天领域相关部门的培训等多个方面的实践证明该体系的前沿性和实用性。

[关键词] 航天器轨道; 理论与应用; 系列课程; 教材建设; 教学实践

[中图分类号] G642.0 [文献标识码] A [文章编号] 1672-8874(2009)01-0057-03

## The Establishment of Series Courses of Spacecraft Orbit Theory and Application According to the Requirements of the Development of Space Technology

XI Xiaoning<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>, GAO Yudong<sup>2</sup>, WU Meiping<sup>2</sup>, WANG Haili<sup>2</sup>

(1. College of Aerospace and Material Engineering; 2. College of Mechatronics Engineering and Automation,  
National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** In view of the rapid development of space technology and the requirements of the teaching material compilation of the spacecraft orbit theory and application, teaching experience of years and latest achievements in scientific research are employed in the textbook compilation and teaching. The system with remarkable characteristics of spacecraft orbit theory and application series course system full of features is constructed crossing subjects and colleges. The course system is advanced and practical, which is testified through the practice in the undergraduate and postgraduate education, and the training in the army and aerospace departments. All of this provides reference for relative subject establishment.

**Key words:** spacecraft orbit; theory and application; series courses; textbook construction; teaching practice

在航天技术飞速发展的大背景下, 长期立足于建设多层次的航天器轨道理论及应用系列课程, 以教材建设与教学实践为重点, 跨学院(学科)组成了教学研究团队, 通过学科间的交叉融合和教员间的交流, 将多年的教学经验和最新的科研成果及时充实更新到教学内容和课程建设当中, 通过 2002~2008 六年的努力形成了一系列的教材建设和教学实践成果, 涵盖了本科生教学工作、研究生教学工作、军队和国防工业相关部门的培训等多个方面。

本文重点介绍了建设多层次航天器轨道理论及应用系列课程的两个重要环节—教材建设与教学实践, 为相关学科的课程与教学改革提供参考。

### 一、构建具有鲜明军校特色的多层次航天器轨道理论及应用系列课程教材的必要性认识

近几年, 世界航天技术飞速发展, 我国也启动了以载

人航天、月球探测和卫星导航等为代表的重大航天专项工程, 而有着很强军事应用背景的天基作战也成为国防领域一个重点研究对象。

我校自上世纪八十年代起相继开设了“航天器轨道力学基础”、“自主导航与定位”、“深空探测器轨道力学”、“航天器轨道确定理论及应用”等本科生、硕士生、博士生系列课程, 为向军队和国防工业等部门输送具有航天器轨道理论知识和应用能力的人才发挥了作用。但长期以来, 这些课程有些使用的是上世纪八十年代的教材, 有些还只是内部印刷的讲义, 国内没有一套能够及时体现多层次航天器轨道理论及应用最新相关技术发展、且适合于该系列课程的教材, 国外虽有相关的高水平教材, 但也不能直接拿来使用, 需要进行筛选和翻译。

为了增强航天器轨道理论及应用的时代性, 提高系列课程的教材质量, 及时反映学科前沿动态, 构建具有鲜明军校特色的多层次航天器轨道理论及应用系列课程教材已是迫在眉睫, 开展多层次航天器轨道理论及应用系列课程

\* [收稿日期] 2008-04-20

[作者简介] 郝晓宁(1962), 女, 江苏南京人, 国防科学技术大学航天与材料工程学院教授, 博士, 博士生导师。

教材建设具有重要意义。

## 二、建设多层次航天器轨道理论及应用系列课程教材的探索实践

根据多层次航天器轨道理论及应用系列课程的特点,结合长期坚持在教学一线的工作经验、教学规划和教学工作指导思想,我们制订了该系列课程教材建设的基本方案。其基本指导思想是体现先进的科研成果和多年的教学经验,尝试进行跨学院(学科)的课程教材共建,形成教材建设与教学实践和教学质量间相互促进的良性循环。

### (一) 应用先进的科研成果和多年的教学经验

长期以来,在国家自然科学基金、国家高技术 863 计划、武器装备型号项目、武器装备预研基金等的支持下,进行了卫星(星座)及其编队飞行轨道的设计与测量、月球探测器轨道设计与确定、卫星导航应用及系统仿真、天基作战武器平台轨道设计等一系列课题的深入研究,取得了一定的科研新成果。

及时以最新的科研成果充实更新教学内容和教学案例,实现科研与教学的相得益彰。同时,结合多年的教学经验,根据在授课过程中的体会,对教学内容进行整合,撰写了多部内部教材并应用于教学实践,而后在其基础上再根据最新科研成果不断修订,这些工作为进行航天器轨道理论及应用的系列课程教材建设奠定了良好的基础。例如,2002年撰写的内部教材《航天器轨道确定理论与应用》,首先应用于博士生课程“航天器轨道确定理论及应用”,经过对教学经验和科研成果的不断总结,于2007年正式出版了博士生教材《航天器轨道确定-模型与算法》(国防工业出版社)。该教材体现出两大特色,一是研究了作为当前航天领域的研究热点之一的空间目标监视问题研究中经常涉及的航天器初轨确定问题。二是对国外航天领域中先进的卫星系统分析专业软件 STK 的精密轨道确定模块 PODS 进行介绍与应用,以帮助研究生深化理解相关概念。

2007年获得航天科技图书出版基金首批资助的专著《探月轨道设计与测量》(宇航出版社,待出版),将应用于硕士生课程“深空探测器轨道力学”。该书充分体现了作者在参加我国嫦娥工程一期相关的轨道工作和二、三期的论证工作后,在月球探测器轨道研究领域的最新研究成果,特色十分鲜明。与作者之前的专著《月球探测器轨道设计》(国防工业出版社,2001年)互为补充,共同为我国探月计划“嫦娥工程”的绕、落、回三步走计划提供轨道理论与应用基础。该书的初稿曾作为教材在相关部门进行了短期培训或讲座,受到充分肯定。

### (二) 尝试跨学院(学科)进行系列课程教材共建

航天器轨道理论不但是航空宇航科学与技术学科,而且是导航、制导与控制学科的重要基础,其在航天器轨道设计与测控、空间对抗、卫星导航、以及航天器自主运行等方面得到了广泛应用。

由于航天器轨道确定及理论应用系列课程涉及我校多个学院(学科)专业教学,涵盖本科生、硕士生和博士生多个层面,所涉及的课程门数多,完成相应的系列课程教材建设具有一定难度,需要较长时间的不懈努力,我们跨

学院(学科)自发组成了一个教学研究团队,以教学需求为牵引,充分发挥各自学科的优势,持续开展航天器轨道理论与应用系列教材建设,同时也是跨学院(学科)系列课程教材建设的一种尝试。

2003年出版的本科生教材《近地航天器轨道基础》(国防科技大学出版社),被原航天工业总公司列入普通高等教育航天类规划教材,应用于航空宇航科学与技术学科本科生课程“航天器轨道力学基础”。该教材除了系统论述近地航天器轨道的基础知识外,还介绍了近地航天器(包括卫星、星座、编队飞行和月球探测器)轨道的初步设计中的最新研究成果,成为该教材的特色之一,受到使用者的广泛好评。另外该书还将 STK 应用于辅助教学,成为该教材的另一大特色。该教材同时也是导航、制导与控制学科的“飞行力学基础”课程的重要参考,“飞行力学基础”与航天器轨道理论同属于飞行器飞行力学,在导弹飞行力学研究中也大量应用航天器轨道理论,特别是弹道导弹被动段飞行弹道的分析。

多年来团队成员紧密结合各自的科研工作,引进并翻译国外高水平教材,如2006年引进国外高水平教材并出版译著《航天器飞行任务设计》(AIAA系列丛书)(国防工业出版社),应用于硕士生课程“航天任务分析与管理”。该书介绍了航天器飞行任务初步设计中所需的最一般、最实用的方法,具有两个鲜明特点:一是在介绍航天器飞行任务设计时仅采用了一些基本的数学知识,方便学生阅读和使用;二是避免了许多公式推导,通过大量算例使相关概念与设计方法变得非常清晰、易于理解。该书可以选作为工程类硕士研究生课程“航天任务分析与管理”教材,也可以作为航天器轨道理论与应用相关专业的本科生辅助教材。

这种模式打破了以往以学院(学科)为界限割断知识结构内在联系的老的教学模式,促进了学科间的交叉融合以及教员间的交流与教学效率的提高。

(三) 形成教材建设与教学实践和教学质量间相互促进的良性循环

多年来,我们在进行多层次航天器轨道理论及应用系列课程教材建设的同时,在教学实践中也逐步更新教学手段,改良教学方法,注重实践考核,从而促进教学质量的不断提高。

#### 1、更新教学手段

在长期的教材建设过程中,收集并整理了大量的专业资料(包括学术论文、生动形象的视频和动画等),在此基础上对各部门课程进行了多媒体课件的开发,在教学过程中应用计算机辅助教学等高水平的教学模式促进教学工作,将传统的教学手段与多媒体信息技术有机结合,获得了较好的效果。

与此同时,对于重要的公式推导过程仍采用传统的板书,以便加深学生对公式的理解。而当涉及到复杂的空间关系等信息时,如描述卫星的星下点轨迹时,可利用 STK 软件生成卫星的星下点轨迹场景,结合多媒体技术,形象地用场景动画演示将教学内容鲜活的展现在学生面前。这样可以节约时间,增加授课的信息量,体现形象性和生动性,便于学员理解,从而弥补单纯理论讲授的不足。同时,

在教学过程中采用了地球仪等教具进行辅助教学, 更便于学员加深对空间关系的理解。

## 2、改进教学方法

在教学过程中为充分调动学员的主观能动性, 增加了大量的与学员的交互活动, 不但在课堂上主动多提问, 引导学员积极回答问题, 还启发学员提出自己关心的一些难点、疑点问题, 挑出具有代表性的拿出来供大家讨论, 并请学员发表个人观点, 最后进行讲评, 这样就增加了师生间的互动, 让学员由被动接受变成主动地学习课程内容, 使分析问题和解决问题的能力得到提高。

另外, 引入了网络交流的方式, 积极利用网络开展教学。首先是将与授课内容相关的多媒体课件、电子教材等挂在军网上, 供学员自由学习和浏览; 其次是在网上提交和批改作业, 提高教学效率; 再次是在网上开辟专门的讨论区, 进行网上答疑和讨论, 巩固教学效果。

通过这些新颖的教学方法, 丰富了课堂教学的内容, 并培养了学员的学习兴趣, 鼓励学员积极参与到教学中来。

## 3、注重实践考核

通过引进国外先进专业软件(例如STK)等手段, 增加学员的上机实习过程, 强化学员的实践环节, 这样可以加深理解和巩固课堂学习的知识, 增强学员的感性认识, 开阔了眼界, 激发学员学习的积极性, 培养了学员的实际动手能力。

另外, 通常会根据每门课的特点, 在课程末期给学员布置一个综合性大作业, 将其作为学员成绩评价的一部分(例如约占总成绩的30%), 这样会充分调动学员主动开阔思路, 综合利用所学知识, 融入自己的新观点, 从而促进学员的全面发展, 增强他们分析问题解决问题的能力。这种理论成绩考核和实践成绩考核相结合的方式, 可以端正学员的学习态度, 考核学员的认知水平, 培养学员的实践能力与创新精神。

基于以上方案, 将教材建设应用到教学实践中, 再通过教学过程中与学员的交互, 不断总结教学经验, 并重新融入到教材建设过程当中, 从而形成一个良性循环, 不断地促进教学质量的提高。

## 三、多层次航天器轨道理论与应用系列课程教材建设的实践效果

通过长期的努力(特别是近六年间), 形成了多层次航天器轨道理论与应用一系列的教材建设和教学实践成果, 涵盖了本科生、硕士生和博士生教学工作以及军队和国防工业部门的培训等多方面, 公开出版了教材、适应于研究生教学的专著和译著共四部, 受到教学专家、教学管理人员及校内外学生的好评。

在校内, 讲授本科生课程“航天器轨道力学基础”, 教材为《近地航天器轨道基础》; 硕士生课程分别为“深空探测器轨道力学”和“航天任务分析与管理”, 使用教材分别为《月球探测器轨道设计》(结合《探月轨道设计与测量》

内部讲义)和《航天器飞行任务设计》(AIAA系列教育丛书); 博士生课程“航天器轨道确定理论与应用”, 教材为《航天器轨道确定—模型与算法》。形成了一整套涵盖本科、硕士、博士等不同阶段完整的系列课程体系。

在校外, 第一作者就教学成果被邀请在航天部、总装机关和基地进行讲学, 取得了很好的效果, 其中有的是被同一单位数次邀请授课, 在2003~2008年间, 利用以上系列课程教材建设成果, 在军队和航天领域相关部门进行了16次比较大规模的短期培训或讲座。

教材《近地航天器轨道基础》被列为“普通高校航天类规划教材”, 同时被“解放军信息工程大学”、“装备技术指挥学院”选为指定教材。

## 四、结束语

教材建设和教学实践是教学工作中的重要环节, 我们适应航天技术发展需求, 以多层次航天器轨道理论及应用系列课程教材建设为出发点, 以航天与军事应用为背景, 尝试跨学院(学科)构建具有鲜明特色的多层次航天器轨道理论与应用系列课程体系, 理顺了教学结构, 通过深化改革教学内容与教学方法, 以培养学员的创新实践能力, 适应新时期军队学员培养需要为目的, 取得了多层次航天器轨道理论及应用的一系列教材建设和教学实践成果, 受到教学专家、教学管理人员及校内外学生的好评。

课程教材建设和教学实践的基本方案, 体现了先进的科研成果和多年的教学经验, 重点尝试进行跨学院(学科)的课程教材共建, 最终形成教材建设与教学实践和教学质量间相互促进的良性循环, 并在教学实践中在本科生教学工作、研究生教学工作、军队和航天领域相关部门的培训等多个方面取得了良好的效果。

伴随着航天器轨道理论的应用领域不断扩大, 对其多层次系列课程教材建设和教学实践也应不断探索和创新, 从而保证课程的先进性与实用性, 使课程教材建设与教学实践不断引向深入。

## [参考文献]

- [1] 王威, 郝晓宁.《自主导航技术及应用》课程教学改革的思考[J]. 高等教育研究学报, 2006, (4): 51- 52.
- [2] 郝晓宁, 王威, 高玉东. 近地航天器轨道基础[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2003.
- [3] 郝晓宁, 曾国强, 任莹, 赵汉元. 月球探测器轨道设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [4] 王威, 郝晓宁译. 航天器飞行任务设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [5] 王威, 于志坚主编. 航天器轨道确定—模型与算法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.

(责任编辑: 卢绍华)