

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2010.03.041

# 研究生精品课程《机械系统建模与动态分析》 创新型实验建设探索

徐永成, 杨定新, 陈 循, 李 岳

(国防科学技术大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

**[摘要]** 《机械系统建模与动态分析》是机械工程硕士生必修的专业基础学位课, 是机械电子工程国家级重点学科的支撑性课程, 已列入湖南省、国防科技大学研究生精品课程建设计划。本文分析了国内外机械工程专业类似课程建设的现状, 深入调研课程实验教学体系设置, 探索并设计了适应军队院校特色和机械电子工程学科特点的课程创新实验方案, 以期对研究生创新实践能力的培养与提高起到促进作用。

**[关键词]** 机械系统建模; 动态分析; 创新实验;

**[中图分类号]** G642.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874 (2010) 03-0119-02

《机械系统建模与动态分析》是我院国家级重点学科“机械电子工程”的支柱课程, 是机械电子工程、机械制造及其自动化、机械设计理论等三个专业硕士研究生必修的专业基础学位课, 已经列入湖南省、国防科技大学研究生精品课程建设计划。该课程主要讲授描述机械系统动态特性的基本理论和基本方法, 包括机械系统或相关过程的建模、特征提取、信息融合、系统评价等系统分析方法, 在整个硕士生、博士生教学培养体系中扮演重要角色。该课程是学校研究生重点课程(核心优质)建设项目以及学校研究生精品课程建设项目资助建设课程。

创新性实验建设是培养研究生创新能力的重要手段, 本文围绕研究生新的培养方案, 就课程的创新性实验建设, 更好地为创新性人才培养服务进行了探讨。

## 一、《研究生2009培养方案》中机械工程学科突出实验教学特色和工程特色

我校机械工程专业研究生2009培养方案对学生的实验能力培养提出了更高要求: “具备在实验室工作的能力, 在基础技术和所研究领域获得足够的技能, 包括能够设计和实现为解决某一科学问题而需要进行的实验, 并对所获得的结果进行有效性评价; 掌握与研究课题相关的实验技术, 深刻理解这些技术的原理、实验中使用的必要仪器设备的构造原理”, 培养方案更加突出了课程中的实验教学特色。

《机械系统建模与动态分析》课程, 适应这一变化趋势, 转变课程教学理念, 在总课时由原先的54学时缩减到36学时的情况下, 实验教学课时从原先的4学时, 增加到10学时, 希望通过综合实验和专题实验环节, 使研究生较系统地掌握机械系统建模与动态分析相关的各项实践技能: 能够设计机电系统建模与动态分析的试验方案, 熟练掌握相关仪器仪表的使用, 进行试验系统的搭建, 依据机械系统建模和动态分析相关的理论方法, 对试验数据和结果进

行正确、有效的处理、分析和评估, 培养具备在本工程领域发现问题、分析问题、解决问题的能力。

## 二、国内外机课程内容及其课程实验体系

### (一) 国内相关课程内容及其课程实验体系分析

国内机械工程排名靠前的大学如: 清华大学、上海交通大学、华中科技大学、西安交通大学均开设了机械系统建模、测试与分析方面的硕士研究生课程。如清华大学开设了“动态测量与建模”、“系统辨识”及“故障诊断”等相关课程。西安交通大学开设了“机械振动工程分析理论及控制技术”、“现代测试技术”等相关课程。华中科技大学开设了“工程测试技术基础”课程。上海交通大学则开设了“系统建模与仿真”、“信号处理与分析”等课程。以上学校所开设课程均强调了实验体系建设和创新型实验设置在学生自主创新能力培养中的重要作用<sup>[1-3]</sup>。

以上上海交通大学机械与动力工程学院为例, 其机械工程专业研究生课程实验教学体系设五个层次, 即基础型实验、综合型实验、设计型实验、创新型实验(包括研究型实验)和虚拟型实验。基础型实验主要指课程中单一内容的、演示型的及验证型的实验。综合型实验, 主要指同一课程不同实验内容的综合; 不同课程相关实验内容的综合; 用多种设备、多种测试仪器仪表进行多项测试项目的综合等, 由以上三种情况之一搭接组成的新的实验项目, 认为它属于综合型实验。设计型实验是指实验选题, 实验方案, 实验设备, 测试仪器、仪表, 数据记录、处理, 误差分析及实验结果主要由学生完成的实验。在创新型实验是指在实验内容, 实验方案, 测试仪器、仪表, 实验结论等方面至少有一方而有突破性进展的实验项目。虚拟实验是指利用计算机网络技术和计算机仿真技术可在计算机上进行模拟仿真实验, 在完成虚拟实验后, 还可以再进行实际操作, 并将两者的结果进行分析比较。

**[收稿日期]** 2010-09-10

**[作者简介]** 徐永成(1972-), 男, 重庆人, 国防科学技术大学机电工程与自动化学院教授, 博士, 硕士生导师。

另外华中科技大学在机械工程专业课程实验教学体系中彻底改变了实验仅作为课堂教学的附属,课程成绩不能反映学生的实验能力和水平,学生不重视实验的状况。以培养学生创新能力和综合设计能力为目标,实验内容由“单一型”、“局部型”向“综合型”、“整体型”拓展;实验方法由“演示型”、“验证型”向“参与型”、“开发型”和“研究型”转变;实验手段向计算机辅助测试拓展的同时尽量做到实验教学与生产、科研相结合。将实验分为基本实验(必做),综合性、设计性与创新性实验(选做)等几部分,必做实验与选做实验结合并行,大大增加了实验内容和选题的灵活性和开放性,为发展学生个性提供了更好的锻炼机会和空间。

综上所述,当前国内机械工程专业课程实验体系建设着重实验分层设置,充分发挥学生的主动性,以培养创新能力为目标,确实有值得学习和借鉴的地方。

### (二) 国外相关课程内容及其课程实验体系分析

国外著名院校相关研究生专业均开设了类似“机械系统建模与动态分析”的课程。美国机械工程专业排名靠前的麻省理工学院、斯坦福大学以及加州大学,非常重视课程实验设置与实验运用。在课程教学经常采用多媒体辅助教学手段和实验室现场授课,使得教学过程生动、直观,便于学生理解教学内容,并且创造很多让学生发挥主动性的机会,利用所学知识,进行自主实验,激发学习兴趣,增强学生分析问题、解决问题的能力。

以麻省理工学院为例,机械工程专业开设了“动态系统建模与仿真”相关课程。该课程主要研究多域系统设计与实现的动态建模问题。内容包括系统数学模型表达、状态空间模型、非线性动力系统、变换域分析、拉格朗日-哈密顿形式的力学问题。其中实验与应用实例内容丰富,包括:机械量转换为电量的传感器动态特性分析、机械系统、电子系统、流体与温度系统的特性分析以及化学过程及波传播实验等。整个课程学习期间,学生要求每2个星期完成一个实验项目。在课程学习到一半时,学生要求选择一个专题性综合项目,在本课程结束前进行工作汇报,作为考核的重要依据。由此可见麻省理工学院机械工程专业的研究生课程教学中非常突出实验的重要性,重视学生实践能力的培养<sup>[4]</sup>。

## 三、《机械系统建模与动态分析》创新型实验建设方案探索

由于《机械系统建模与动态分析》是机械工程专业硕士生必修的专业基础学位课,该门课实践性教学要求学生熟练掌握相关仪器仪表的使用,能够依据特定的机电系统动态特性评估、分析要求,设计系统建模与动态分析的试验方案,进行试验系统的搭建,依据机械系统建模和动态分析相关的理论方法,对试验数据和结果进行正确、有效的处理、分析和评估,得到准确、客观的试验结论。由此具备在工程实践中发现问题、分析问题、解决问题的能力。根据课程实践性教学要求的特点,突出两方面能力的培养,一是基础实验能力,二是创新能力。借鉴国内外相关课程实验体系设置,实验建设方案初步分为基本实验和综合创

新实验两大类。

### (一) 基本实验设计

基本实验设置注重机械工程专业硕士生基本专业技能的培养,通过实验使研究生熟练掌握常用仪器仪表的使用,掌握机械系统建模与分析的基础理论与基本方法。在这一部分强调两个字“熟练”。所谓“熟能生巧”,越是基础的,就越是要求熟练,只有牢牢掌握了基本实验技能,达到非常熟练的程度才能为后面的综合创新实验打下扎实的基础。

基本实验部分强调机械工程专业有关加速度传感器、信号发生器、激振器、力锤、滤波器、放大器、数据采集卡、Matlab等软硬件工具的熟练应用。拟通过举办仪器设备快速操作竞赛来激发学员的兴趣与积极性,以促进学员对基本实验技能的掌握。具体实验方面准备开设机械信号时域、频域分析实验,让学生掌握机械系统信号分析的基本理论与方法;开设机械系统减振特性非参数法建模实验,使学员掌握机械系统非参数建模基本原理和方法,掌握系统非参数建模过程中的系统激励、数据采集、数据分析基本技能;开设机械系统振动信号阶比谱、全息谱分析以及振动频谱模拟实验,使学员熟练掌握机械系统特有的一些基本分析方法与技术。

### (二) 综合创新实验设计

综合创新实验部分强调两方面,一是军队特色,二是综合创新。这两方面的结合实验设计有一定的难度,结合科研项目中的军事应用对象与课程特点,设计具有综合性和创新性的实验。例如以典型武器装备实物模型(如直升机机体、潜水艇壳体)为实验对象,设计、搭建一整套测量系统模态特性的实验系统;设计武器装备振动环境模拟的多轴振动台实验系统,在对振动台频响函数在线实时估计的基础上,开发多轴控制的算法,实现多轴振动环境模拟。多轴振动环境模拟是振动环境模拟的前沿技术,让学员在学术前沿领域进行创新性实验综合研究,有利于学员创新能力的培养,并且可以在工程实践中得到检验;设计以有源消声实验系统为实验对象,设计、搭建一整套噪声测量、分析与有源消声实验系统,通过输入、输出数据建立消声通道的数学模型并进行控制算法设计,实现有源消声,学员所建模型的质量、以及消声的算法直接影响消声效果,每位学员得到的消声效果都可能是不一样的,这样增加了实验的挑战性与趣味性,可激发学员的做实验的热情。

### 【参考文献】

- [1] 卢存光,等.机械方案创意设计模拟实验[J].实验室研究与探索,2004,(9):81-85.
- [2] 鄂晓宇,等.以实验教学的新理念建立实验教学的新体系[J].实验室科学,2006,(2):21-22.
- [3] 黄爱民.改革实验教学体系,培养创新人才[J].实验室科学,2005,(2).
- [4] <http://www.mit.edu/Ocw-Webs/core/www.core.org.cn/OcwWeb/Mechanical-Engineering/2-141Fall-2002/Syllabus/index.htm>.

(责任编辑:卢绍华)