

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2012.03.036

# 交叉学科研究生课程教学的探索与实践

肖定邦, 辛 华, 吴学忠, 陈志华, 崔红娟

(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]** 交叉学科是目前科学研究的热点领域, 开展交叉学科课程教学对于强化研究生的学科交叉意识, 提高研究生的创新能力具有重要作用。以“微机电系统分析与设计”课程为例, 分析了交叉学科研究生课程的特点, 并从基础知识教学、前沿专题研讨和实践能力强化三个方面进行了教学方法的探索与实践。

**[关键词]** 交叉学科; 微机电系统; 科研实践

**[中图分类号]** G624.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2012)03-0115-03

## The Exploration and Practice of Interdisciplinary Postgraduate Course Teaching

XIAO Ding - bang, WU Xue - zhong, CHEN Zhi - hua, CUI Hong - juan

(College of Mechatronics and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Interdiscipline is a focus field of scientific research at present. It's important to carry out interdisciplinary postgraduate course teaching to promote the postgraduates' creative ability and discipline - crossing consciousness. Taking the course of analysis and design of MEMS as example, the characteristics of interdisciplinary course are analyzed. The methods of fundamental knowledge teaching, frontier subject discussion and innovative ability enhancement are explored and further practiced.

**Key words:** interdiscipline; microelectrical mechanical systems; research practice

交叉学科是在两种或两种以上单一学科基础上, 由不同学科领域、部门和分支学科相互联系、相互作用、彼此融合而形成的一类学科<sup>[1]</sup>。目前, 交叉学科已经成为学术创新活动最为活跃的研究领域。科学前沿的重大突破及重大原创性科研成果的产生, 大多是多学科交叉融合的结果。近百年获得的诺贝尔自然科学奖的334项成果中, 近半数的项目是通过多学科交叉融合取得的<sup>[2]</sup>。开展交叉学科研究生课程教学, 有助于拓展研究生的学术视野, 强化研究生的学科交叉意识, 提高研究生的创新能力, 从而进一步推动交叉学科研究的发展。

微机电系统(MEMS)又称为微系统(Microsystem), 是二十世纪末期发展起来的学科交叉前沿研究领域, 其创新成果对国防建设和社会生活产生了重要而深远的影响, 是一个重要的交叉学科研究领域<sup>[3]</sup>。微机电系统研究得到了世界各国的大力支持, 国内外各大高校基本都设立了相关的研究方向。“微机电系统分析与设计”是面向全校研究生开设的一门交叉学科选修课程, 下面将以该课程为例, 在深入分析交叉学科研究生课程的特点后, 从教学内容设计、前沿专题研讨和实践能力强化三个方面介绍我们在交叉学科研究生课程教学上的探索与实践。

### 一、交叉学科研究生课程的特点分析

深入分析课程的自身特点, 有针对性地开展课程教学

的组织与实施, 是上好一门课程的关键。交叉学科研究生课程的教学目的是在研究生专业基础课程的基础上, 进一步拓宽研究生的学术视野, 培养研究生开展交叉学科研究的意识与兴趣, 提高研究生的创新能力。因此, 与专业基础课程相比, 交叉学科研究生课程在课程内容、授课对象、课程实践等方面均有其自身的特点:

#### (一) 课程基础知识覆盖面广

交叉学科是由多个学科交叉融合形成的。因此, 交叉学科研究生课程内容涉及多个学科领域, 课程基础知识覆盖面非常广。微机电系统最初是由微电子和机械电子工程交叉融合形成, 目前已经拓展到了声、光、流体、化学、生物等领域, 涉及微电子、机械工程、力学、电子工程、材料工程、信息工程、物理、化学、光学、生物以及医学等学科与技术。怎样从如此广泛的课程基础知识中, 准确抓住微机电系统的基础理论框架, 引导学生开展自主学习, 是任课老师在设计课程内容时需要解决的重要问题。

#### (二) 课程内容的超前性强

交叉学科课程的重要特点就是内容超前性强, 知识更新速度快, 研究热点不断变化, 新的研究方向与研究成果层出不穷。微机电系统领域更是发展相当迅速, 各种新的设计方法、制造工艺、尺度效应和应用技术不断出现, 学科交叉融合越来越广, 结构尺寸越来越小, 纳机电系统

**[收稿日期]** 2012-04-13

**[基金项目]** 湖南省普通高等学校教学改革研究项目

**[作者简介]** 肖定邦(1983-), 男, 江西吉安人, 国防科学技术大学机电工程与自动化学院讲师, 博士。

(NEMS) 逐渐兴起。交叉学科的迅速发展要求任课教师不断更新自身知识结构, 广泛调研了解本领域的研究动态, 保证课程内容的前沿性, 否则将造成课程内容和现有技术发展现状脱节, 影响课程教学效果。

### (三) 选课学生的专业背景丰富

交叉学科研究生课程的选课学生通常来自不同专业, 将来从事的研究方向也各不相同。“微机电系统分析与设计”课程的学生主要来自机械工程专业, 其余学生来自仪器科学与技术、微电子、通信工程、光学工程等其他专业。其中仅有一小部分同学将来的研究方向是微机电系统, 其余同学选课的主要目的是了解微机电系统的相关技术与研究情况, 寻找结合微机电系统技术开展创新研究的切入点。在课程设计时, 如何合理考虑学生各自不同的知识基础和学习目的, 并在课程中创造不同专业同学之间进行学术交流和合作研究的机会是任课老师需要考虑的问题。

### (四) 科研实践性强

研究生教学的目标是培养研究生的自学能力、研究能力和创新能力。交叉学科研究生课程设置的目的是培养研究生开展学科交叉的意识, 寻找学科交叉研究的切入点, 出高水平科研成果。因此, 在课程中始终要强调研究生参与科研实践的重要性, 鼓励研究生开展自主研究。“微机电系统分析与设计”本身就是一门科研实践性非常强的课程, 在课程教学中应该积极创造条件, 鼓励学生将课程知识应用到科研实践当中。

## 二、课程教学的组织与实施

根据交叉学科研究生课程的特点, 我们将“微机电系统分析与设计”课程的主要内容分为三大部分: 基础知识教学、前沿专题研讨和科研实践能力强化。

(一) 基础知识教学: 以典型器件剖析为牵引展开, 以科研项目成果为依托总结

交叉学科研究生课程涉及多个学科领域, 基础知识面广, 知识更新速度快, 而且授课对象为研究生, 他们已经具备较好的理论基础与自学能力。在课程教学过程中, 如果教学内容设计不当, 很可能出现以下问题<sup>[4]</sup>: (1) 教学内容与学生已经掌握的知识点重叠过多, 既浪费了宝贵的课时, 又失去了课程的新颖性; (2) 教学内容未能突出交叉学科课程中特有的一些分析与设计问题, 产生知识断点, 给学生后续的学习和研究造成困难; (3) 课程涉及知识点过多, 导致内容又多又杂, 影响学生对课程知识体系的整体把握。

为避免出现上述问题, 我们将本课程基础知识教学的主线设置为: 以典型器件剖析为牵引, 开展微结构加工、设计、检测、控制等基础知识的引导教学; 再以课程教学团队承担的相关科研项目为依托, 在解决实际科研问题的过程中, 对基础知识进行总结与回顾, 培养学生的基础知识应用能力。

#### 1. 以典型器件剖析为牵引, 开展基础知识引导教学

唤醒学生的兴趣和动机是研究型教学组织中的重要环节<sup>[5]</sup>。为激发学习兴趣, 提高学生对基础知识的整体把握能力, 我们选择微加速度计作为典型器件, 通过剖析微加速度计的工艺、结构与电路, 开展微机电系统基础知识的

引导教学。

在典型器件各部分的剖析过程中, 课堂教学采取“提出问题——基本方法讲解——解答问题”的组织模式, 分兴趣激发、理论学习和知识应用三个阶段完成相关基础知识的教学。以微机械加工工艺教学为例, 我们首先给学生展示了常用的一款微加速度计的内部结构图片, 突出其结构尺寸特点, 然后提出问题: 如何制作这类微结构? 再以该问题为牵引展开光刻、沉积、刻蚀等典型微机械加工的学习, 最后通过回答上述问题, 介绍该典型器件的加工工艺流程, 培养学生的工艺设计能力。

#### 2. 突出学科交叉后产生的新知识点

交叉学科研究生课程涉及的基础知识面广, 学生已经在本科阶段学习过很多相关基础知识, 因此, 在课程教学中必须充分突出新的知识点, 否则会影响学生的学习兴趣与积极性。

“微机电系统分析与设计”课程内容中, 除微加工工艺学生前期接触较少外, 相关的结构分析、信号处理等基础理论学生已经进行过较为系统的学习。因此, 我们在基础知识教学中, 对于学生已经学习过的理论和方法以回顾为主, 重点突出微机电系统区别于传统机电系统的一些理论与方法, 如加工工艺、残余应力、空气阻尼、静电驱动等。

在教学中, 我们采用对比教学法, 加深学生对上述微机电系统特有问题的理解。例如在静电驱动的教学, 我们首先提出两个简单的计算题, 分别计算相同的电压在传统机电系统尺度下和在微机电系统尺度下的驱动效果, 在学生完成计算后对两题的结果进行对比, 通过两者的巨大差别来加深学生对静电驱动的认识, 激发学生的兴趣。

3. 以科研项目成果为依托, 在总结教学内容的同时培养学生的基础知识应用能力

在完成微机电系统分析相关基础知识的教学后, 还要进一步培养学生应用所学知识解决实际问题的能力, 对于研究生而言就是开展与课程相关的课题研究的能力。课程教学团队承担了国家自然科学基金、装备预先研究等一系列国家和部委级科研项目。我们从中选择了1~2个典型项目, 从项目申请、器件设计与研制、研究点提炼等方面介绍科研项目研究过程, 在回顾归纳基础知识的同时, 帮助学生掌握基础知识的应用能力。

课程教学团队承担的一项重大科研项目是新型高性能微机电陀螺仪的研制。微机电陀螺仪是一种非常重要的MEMS器件, 在制导弹药等武器装备中具有重要的应用价值, 其设计与加工几乎涵盖了微机电系统所有的基础理论知识, 因此, 课程将该科研项目作为重点案例。课程首先从该项目的申请过程出发, 介绍了科研项目申请报告的撰写要点, 让学生对科研项目的申请有了初步认识。然后以该项目研究成果为基础, 详细介绍了微机电陀螺仪结构与工艺的设计思路与设计过程, 回顾和归纳了课程前面学习的结构分析、静电驱动、电容检测等分析方法。最后课程还以项目组发表的学术论文为例, 介绍论文的构思与撰写过程, 培养学生总结研究成果的能力。

(二) 前沿专题研讨: 跟踪本领域顶级国际会议, 调研汇报与课堂讨论相结合

交叉学科研究生课程的一大特点是课程内容前沿性强,因此,教学内容要充分涉及学科的前沿技术与发展动态。然而交叉学科发展速度快,各种新技术新成果层出不穷,仅靠任课老师进行调研然后在课堂上进行灌输式教学,不仅很难充分涉及前沿领域,也会影响学生的积极性。为避免出现上述问题,我们采取的方法是跟踪本领域的顶级国际会议,组织学生分领域进行调研并做课堂汇报。

每年举办一次的 IEEE MEMS 国际会议是微机电系统领域的顶级国际会议,是本领域最新研究成果的综合展示,论文录用率一直保持在较低的水平。我们指定当年该会议的论文集作为学生的调研范围,并将学生分组,每个小组 2~3 人,按照会议的专题划分为每个小组设定调研领域。每个小组从其调研领域中选择感兴趣的论文,并通过追踪相关的参考文献,对其中涉及的新技术或新器件进行较为系统的调研。

前沿专题研讨要充分调动学生参与的积极性,因此,课程采用课堂汇报的形式来考察各小组的调研情况。在课程教学的后半段,我们在每次课最后安排一个小组做调研报告,要求小组的每一个成员都要参与。报告结束后任课老师对调研汇报进行点评,并组织学生开展讨论。为组织好课堂讨论,任课老师在课前仔细阅读学生的报告并进行必要的前期调研与准备是十分必要的。

(三) 实践能力强化: 针对课程对象设计大作业, 提高研究生的科研实践能力

交叉学科研究生课程的科研实践性强, 科研实践能力培养是课程教学的重要环节。课程大作业是提高学生科研实践能力的重要手段。然而交叉学科课程的学生来自不同专业, 他们今后要从事的研究方向也各不相同。针对学生的不同需求, 设计相应的大作业形式, 能够更好地提高学生的实践能力。

对于微机电系统分析与设计课程而言, 选课学生主要分为两种类型: 一类是微机电系统专业的研究生, 他们今后要从事该领域的研究工作; 另一类是其它研究方向的研究生, 他们在今后的研究中可能会用到微机电系统技术或者器件。针对这两类学生的不同需求, 课程设计了两种大作业形式:

#### 1. 撰写学术论文

对于研究生而言, 针对理论问题开展研究, 并总结研究成果撰写学术论文是一项非常重要的科研能力。该大作业要求学生按照国际会议论文的形式撰写一篇与微机电系统相关的学术论文。为了给研究生撰写论文提供研究点, 我们会在课程教学中留下一些经过提炼的理论问题, 这些问题大多来自课程教学团队的科研实践, 例如: 在微结构力学分析中, 我们提出了采用各向异性湿法腐蚀工艺制作的平行四边形截面微梁的扭转刚度求解问题等。学生可以将上述问题作为研究点, 也可自己挖掘研究点, 完成理论分析与仿真验证后, 撰写学术论文。

#### 2. 参加创新大赛

工程实践能力培养是工科研究生培养的重要环节。参加创新大赛对于提高研究生的工程实践能力具有重要作用。该大作业要求学生应用我们提供的一些基本的 MEMS 器件, 如微加速度计、微麦克风、磁传感器等, 创新设计一个应

用系统, 参加“美新杯”中国 MEMS 传感器应用大赛、学校创新杯等创新大赛。参加创新大赛锻炼了学生的设计能力与动手能力, 为他们下一步开展课题研究打下良好的基础。

### 三、教学实践效果

经过几年的教学实践, 我们设计的交叉学科研究生课程教学方法在“微机电系统设计与分析”课程教学中取得了良好效果。

首先, 基础知识与科研项目相结合的教学方式不仅激发了研究生的兴趣, 提高了研究生对基础知识的整体把握能力, 同时帮助研究生认识了科研项目的研究过程与研究方法, 使研究生在完成课程学习后, 能够更快地融入到课题研究当中。

其次, 强调互动的前沿专题研讨形式不仅增强了师生间的互动, 活跃了课堂气氛, 还提高了研究生的资料查阅能力、总结能力和表达能力。少数学生甚至在课后表示这是他们首次在教室讲台上做报告, 这种锻炼方式对他们非常有帮助。

第三, 课程大作业为不同专业背景的研究生创造了交流与合作的平台, 部分学生甚至将课堂合作延续到了毕业课题研究中, 有效培养了研究生进行学科交叉的意识。此外, 研究生在完成大作业的过程中还取得了一系列的研究和实践成果。学生撰写的多篇学术论文经过完善后, 发表在 IEEE MEMS 等国际会议或者核心期刊上。学生设计的创新作品先后获“美新杯”中国 MEMS 传感器应用大赛全国一等奖一项、全国二等奖一项, 学校“创新杯”二等奖一项。

### 四、结束语

交叉学科是目前科学研究的热点领域, 开展交叉学科课程教学对于强化研究生的学科交叉意识, 提高研究生的创新能力具有重要作用。本文以“微机电系统分析与设计”课程为例, 分析了交叉学科研究生课程的特点, 并根据其课程特点, 围绕研究生课程的教学目标, 在基础知识教学、前沿专题研讨和实践能力强化三个方面进行了教学方法的探索。

#### [参考文献]

- [1] 卢建飞, 吴太山, 吴书光, 尹承梅. 基于交叉学科的研究生创新人才培养研究[J]. 中国高教研究, 2006(1): 46-48.
- [2] 何刚, 陈孝杨. 对交叉学科研究生培养的认识与思考[J]. 学位与研究生教育, 2005(12): 20-23.
- [3] 温诗铸. 关于微机电系统研究[J]. 中国机械工程, 2003, 14(2): 159-163.
- [4] 江文杰, 曾学文, 施建华. 《光电技术》课程建设的探索与实践[J]. 高等教育研究学报, 2009, 32(4): 43-45.
- [5] 赵硕. 我国研究生探究型教学策略研究[J]. 学位与研究生教育, 2007(7): 60-64.

(责任编辑: 林聪榕)