

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2010.01.021

MIT “推进”系列课程设置方案的研究与启示*

李清廉, 孙明波

(国防科学技术大学 航天与材料工程学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 通过对麻省理工学院(MIT)“推进”课程的设置方案进行对比分析,认为MIT“推进”课程方案具有几个特征:1)本科阶段强调扎实的基础知识学习;2)研究生阶段注重面向工程应用的专业理论教学;3)有效的综合实践教学环节保证学生有效掌握教学内容;4)灵活的考核方式促进了全程教学质量的提高。MIT“推进”相关课程的教学及实践内容设置全面,教学手段具有较强系统性和可操作性,有利于学生掌握扎实的基础知识同时提高实际应用能力,值得借鉴。

[关键词] 麻省理工学院;“推进”系列课程;实践环节

[中图分类号] G649 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2010)01-0065-03

Investigation and Enlightenment of MIT Propulsion-series Courses Setting Schemes

LI Qing-lian, SUN Ming-bo

(College of Aerospace and Materials Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract Through comparison and analysis of the Massachusetts Institute of Technology (MIT) propulsion-series setting schemes, several characteristics of MIT courses schemes are demonstrated as follows: 1) The fundamental knowledge study is emphasized in the undergraduate courses; 2) The major theory courses oriented to the engineering application during the graduate period is highly emphasized; 3) The effective teaching steps combined with synthesized practice make it efficient to ensure the students to master the course contents; 4) Flexible examinations promote the whole teaching procedure. The propulsion-series courses setting schemes combined with the teaching and the practical contents are comprehensive and the teaching methods are of strong systematic characteristics and feasibility, helping the students master the fundamental knowledge firmly and promote the application capability.

Key words: Massachusetts Institute of Technology; propulsion-series setting schemes; application

除了作为学科基础课程的“工程热力学”、“传热传质和燃烧”之外,我校“推进”系列课程主要包括专业基础课程“火箭推进原理”、“液体火箭发动机设计”和专业课程“火箭发动机动力学”、“导弹与运载推进技术”等。这些课程是航空航天科学与技术学科本科专业的重要课程,为学生深入学习航空航天推进理论与工程的专业课程、从事航空航天发动机技术研究、设计使用提供必备的专业基础知识。该系列课程有着深刻实践背景,课程的主要内容涉及广泛的知识基础,同时与工程应用有着密不可分的联系^[1]。

MIT的航空航天学科涉及的专业方向包括航空宇航信息工程、航空宇航系统工程以及航空宇航飞行器工程^[2]。“推进”相关课程作为航空宇航飞行器工程方向的基础课程,在MIT课程设置^[3]中很受重视,这在研究生阶段的教学中得到更为明显的体现。通过对MIT“推进”系列课程的开设方式、教学内容及实践环节进行对比分析,探询MIT“推进”课程设置方案的特点,对我校“推进”系列课程的

教学改革有借鉴意义。

一、本科阶段强调扎实的基本知识基础

MIT的航空宇航学科本科生共开设了26门课程^[1],内容涉及总体设计、力学与动力学、控制等。这些课程中,与“推进”直接相关的课程是“共同工程基础”。另外,“热能”课程讲授能量转换过程,与“推进”也有较为密切的关系。

作为最重要的基础课之一,“共同工程基础”课程包括6门子课程:材料与结构、计算机和编程、流体力学、工程热力学、推进、信号与系统等。课程的基本目标是帮助学生奠定坚实的基本知识基础、熟悉各门基础学科之间的关系、灵活运用基础知识解决实际问题。基于此,6门子课程的内容均非常“抽象”,都脱离了具体的工程背景与应用对象,只讲授通用物理原理与数学基础。以仅9讲内容的“推进”子课程为例,主要讲授推进作用的一般原理、动量守恒定律的数学表示、飞行器的推进需求分析等,这些内

* [收稿日期] 2009-10-03

[作者简介] 李清廉(1974),男,河南三门峡人,国防科学技术大学航天与材料工程学院副教授,博士。

容具有广泛的覆盖性,能够适用于不同类型的航空航天发动机。其余5门子课程也具有相同特点。

“共同工程基础”课程设置了大量实践环节。其中一个明显的特点是开设了“综合实验”课程,通过若干个综合性实验促进学生同时深入理解6门课程的基础知识,并掌握课程之间的联系。通过建立开放性的“系统实验室”,这些综合性实验由学生随时根据需要、在老师的指导与帮助下自主完成,实验情况及实验报告则纳入期末成绩考核。通过这些针对性很强的课程实践环节,促使学生在基础知识掌握之外,能够加深不同课程之间的关系的掌握、能够提高学生对基本知识的综合应用能力。

我校本科生开设的“推进”课程主要包括《火箭推进原理》和《液体火箭发动机设计》。相比而言,这些课程注重工程应用,《火箭推进原理》课程主要讲授化学火箭发动机工作原理及工作过程,重点针对液体火箭发动机;《液体火箭发动机设计》课程更是以掌握液体火箭发动机的工程设计方法为教学目标。按照这样的课程设置,学生可以比较快地学会具体一类教学对象的相关知识和工程应用,但由于基础知识学习时间相对少,可能会面临专业适应性问题。另外,本科阶段的实践课时偏少,可能会造成学生对原理及系统的理解不够深入、准确。

二、研究生阶段注重面向工程实践的专业理论教学

MIT的研究生教学方案强化了“推进”系列课程的设置。在所开设的44门课程中,除了“粘性流体力学”、“涡轮机械内部流动”^[2]等“推进”基础课程之外,专门开设了“火箭推进”和“空间推进”2门“推进”课程,以加强航空航天推进学科的教学。

“火箭推进”课程^[4]集中介绍化学火箭发动机的工作原理及主要过程,内容丰富,共包括37讲(折合74学时),涉及喷管流动与设计、传热与冷却、推进剂、燃烧过程与燃烧稳定性、涡轮机械、卫星轨道等6个模块。仔细研究课程教学内容,可以发现以下鲜明的特点:

- 模块设计具有明显工程背景。每个专题内容均取自实际液体、固体或者混合火箭发动机工程应用过程中的典型共性问题,相对独立又互相关联。
- 具体内容相对抽象,理论性强。不同于我校的同类课程,该课程内容虽然有工程背景,但是讲授时仍力求从物理机理与一般方法的角度组织教学过程。
- 强调学生课后自主实践。每个模块均提供广泛的阅读资料、布置了工程性很强的课后作用,要求学生课后发挥自主性,通过主动阅读和综合应用理论知识解决实际问题。

“空间推进”课程^[5]主要讲授空间航天器推进系统的工作原理与基本理论,共25讲(折合50学时),内容丰富,涉及空间推进任务分析与性能计算、空间化学推进系统、电弧推进、静电推进和电磁推进等模块。与“火箭推进”课程不同,“空间推进”课程根据推进系统的类型组织内容,具有更为明显的工程背景,具有以下特点:

- 各模块教学内容互相独立。除第一模块内容外,其它各模块分别讲授不同的空间推进系统。由于原理及构成

相差明显,不具有共同的理论基础,互相之间基本没有联系。

- 注重分析工作过程的深层理论。虽然各教学模块工程背景显著,但教学内容仍然力图分析物理过程、采用数学方法进行描述和求解,而不仅仅关注实际推进系统的结构、性能、技术难点等应用性内容。

- 尚未形成成熟的理论体系。由于多类推进系统尚在学习中,理论尚待不断完善。

总体来说,MIT研究生“推进”课程依托于工程背景,专业特色得到体现,但是并未与工程应用直接接合,教学内容重点仍然放在抽象的物理过程与专业理论方面。这一方面有助于打牢学生的理论基础,但是对于研究生通过课程学习建立“推进系统”的整体概念和完整知识体系,显得并不足够。如果学位论文研究选择工程性强的选题,需要另外进行“推进系统”工程基础培养方可。而我校“火箭发动机动力学”和“导弹与运载推进技术”课程,较多篇幅用于讲授具体推进系统的结构、工作特点等,忽略了深入的理论教学,也不利于研究生奠定高水平学位论文研究的理论基础。

三、强调综合实践,采取有效措施保证学生掌握核心教学内容

实践教学是培养学生创新精神和实践能力的重要手段,是对理论教学的加深、提高和综合运用,是提高学生综合素质的关键环节^[6]。MIT“推进”系列课程的实践教学主要包括有以下三类:

- 提出拓展阅读要求、提供阅读素材,要求学生课后自己阅读;
- 给出工程应用背景和综合性很强的课后作业题目,要求学生通过理解课堂内容、拓展阅读后合作或者独立完成;
- 设计系统的综合性实验,强化对基础知识的掌握与综合应用。

以上实践环节均有很强的针对性,重点在于训练学生对课堂内容真正融会贯通。特别是第3种方式,尤其具有借鉴意义。

在本科生“共同工程基础”课程教学过程中,MIT设置了专门的“综合实验”环节^[7],以训练学生综合应用“共同工程基础”的多门子课程(流体力学、材料与结构、动力学、信号和系统、推进)的特定知识来系统地解决问题。其要求学生完成的预期成果为:

- 明确表述合适的多学科工程系统模型;
- 规划并完成实验,分析实验结果,量化实验误差;
- 采用工程系统和实验研究的模型,评估设计方案,优化形成新的设计方案。
- 以口头陈述或书面报告的形式报告优化后的工程结果,并熟练有效使用多种工程表达方法(设计图、工程图等)。

一个典型的综合实验实例是“水火箭设计”,通过分组直接设计水火箭并进行发射实验,帮助学生更好地掌握火箭的结构、特点、发射、安全、成本估算等,需要学生提交火箭的详细设计文档,包括制作简图、制造指南、工作

规程、维修和服务指南,并编制短功能操作文档。进行实验时,对水火箭进行三次发射,记录每次发射的竞赛性能数据,获得平均高度。实验完成后还需要提交书面性能报告。通过完成这样的实验,学生同时应用流体力学、工程热力学、推进、材料与结构等子课程的知识,既强化了对基础知识的掌握,又提高了实际工程能力。

类似地,我校“推进”课程主要通过课堂授课进行。但是,相比较而言,课程对学生的实践要求不高,更没有精心设计的综合实验供学生训练,以加深理解、学会综合应用知识。由此,教学效果还有很大提升空间。

四、灵活的考核方式保障全程教学质量

“共同工程基础”课程主要完成基础知识讲授,同时注重通过实践环节促进基础知识的掌握。由于教学内容丰富,各门课程之间联系紧密,为了保证课程的全程学习效果,MIT设置了特别的考核方式。课程的总成绩根据3个方面综合评价:

(1) 知识测验 60%。测验包括多次课内 50 分钟测验和两次 50 分钟的期末测验。根据所考核知识比例和重要性,所有测验成绩经过加权后均计入最终成绩。这种方式促使学生重视所有课程内容的学习。

(2) 实践成绩 30%。实践成绩由课后作业成绩、综合性实验表现和实验报告等共同构成,各部分成绩根据完成质量和消耗时间加权计算总成绩。这样,可以督促学生在课堂外主动加强课程内容的学习、深化理解和综合应用。

(3) 平时表现 10%。这部分由学生的各种练习表现决定,包括课上回答问题、课外阅读情况、概念理解等。各个授课老师根据各自的评估标准确定这 10% 成绩的给法。若错过了这些练习,将没有弥补机会。这种方法促使学生注重每门课程的日常学习,注重与老师之间的互动。

由于采取了以上考核方法,为了得到较好的成绩,学生必然要全程认真学习、注重与老师互动交流并且必将自主加强课后实践,从而保证了全程的知识掌握效果,提高了基础知识的综合应用水平。这种“分布式+综合性”的灵活考核方式,保障了教学效果。

类似地,研究生课程“火箭推进”和“空间推进”也采用多阶段、多形式的评估方法综合确定学生最终成绩,从而也保证了良好的全程教学效果。

我校课程考试的大部分模式是期末考试一锤定音,缺少平时考核,也缺少实践环节的评估。不少学生通过考试

前突击复习重点内容,便轻易获得高分,不利于通过成绩评估教学效果。MIT 的课程考核方式有很积极的借鉴作用。

五、MIT“推进”课程设置方案的启示

MIT 航空宇航专业课程设置注重打牢学生的基本知识和专业理论基础,可以为学生未来发展的良好适应性奠定坚实基础;同时,非常强调实践教学,特别是学生的自主实践环节设计,有助于学生真正“学会知识”、“学会应用”。首先,MIT 本科“推进”课程非常重视基础知识、知识之间相互关系的讲授,课程设计不考虑工程问题,课程内容具有良好适应性。

其次,研究生“推进”课程依托工程背景,但是仍然注重专业理论学习,尽量脱离具体推进系统。

再者,MIT“推进”课程特别突出通过精心设计的实践环节设置,提高学生综合利用基础知识、培养全面能力素质、解决实际问题能力。

最后,MIT 通过设计合理的考核方式,引导学生全程用心学习基础知识和应用,有效保障了学习效果。

总之,MIT“推进”课程设置方案考虑周到,系统全面,形成了有机整体,有利于学生全面掌握基本知识、理解相关知识的联系,并能够综合应用这些知识解决实际问题,这对于培养“宽口径、宽知识面”的应用型人才有着很好的保证作用,值得我校“推进”系列课程作为教学改革的借鉴。

[参考文献]

- [1] 李清廉等. 把握课程特点,强化教学效果[J]. 高等教育研究学报. 2007, (1).
- [2] <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/web/courses/courses/index.htm#AeronauticsandAstronautics>
- [3] <http://web.mit.edu/aeroastro/www/>, MIT open courseware
- [4] <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Aeronautics-and-Astronautics/16-512Fall-2005/CourseHome/index.htm>
- [5] <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Aeronautics-and-Astronautics/16-52Spring2004/CourseHome/index.htm>
- [6] 杨晓飞,姚焯道. 强化管理机制提高实验教学质量[J]. 高等教育研究学报. 2005, (1).
- [7] <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Aeronautics-and-Astronautics/16-621Experimental-Projects-ISpring2003/CourseHome/index.htm>

(责任编辑:范玉芳)