

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2010.01.019

·比较研究·

麻省理工学院航空航天类本科生课程体系分析*

田正雨, 李桦

(国防科学技术大学 航天与材料工程学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 麻省理工学院(MIT)航空与航天专业是美国同领域中最有名的专业,其人才培养理念和课程设置世界闻名。本文对其航空与航天专业课程体系设置进行了介绍,并从横向(课程大类型)和纵向(课程学科类型)两个方面,分析了课程设置和教学中的目标和理念,麻省理工学院的课程体系特点是我国高校相关航空与航天专业发展有益的参考。

[关键词] 麻省理工学院; 航空航天; 课程体系设置

[中图分类号] G649 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2010)01-0058-04

Analysis of MIT Aeronautics and Astronautics Curricula for Undergraduates

TIAN Zheng-yu, LI hua

(College of Aerospace and Materials Engineering, NUDT, Changsha 410073, China)

Abstract Aeronautics and Astronautics in MIT is the most famous specialty in America for its training concept and course settings. In this paper MIT aeronautics and astronautics curricula for undergraduates are introduced. Course goal, concept and settings are analyzed in two aspects, course type and course property. Some characteristics are expounded.

Key words: MIT; aeronautics and astronautics; curricula settings

美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, 简写MIT)创建于1861年,发展至今已有近150年的历史,在世界上享有盛名^[1]。它是美国培养高级科技人才、工程技术人才和管理人才的一所私立大学。麻省理工学院在自然科学、工程学、建筑学、人文学科、社会学科和管理学等多个方面实力雄厚,特别是工程学,连续多年在全美工科院校排名中位居第一,其航空航天专业在美国大学专业排名中一直居于一二位,其人才培养理念世界闻名,课程设置独具风格。本文将对其航空航天类本科生课程体系进行简要分析,试图找到一些独特的思路,得到一些有益的启示,这对我国理工院校航天本科专业建设具有积极的参考意义。

一、MIT 航天类课程介绍

MIT的航空与航天系设有两个本科专业方向:航空与航天科学工程专业和航空与航天信息科学工程专业,下面分别以A和B代指这两个专业。表1给出了具体的课程设置内容。

“自从上世纪五十年代的工程科学革命之后,美国大学的科技教育目标就是教授基础知识。由于教育变得更为抽象,MIT担心基础知识的学习深度和理解度都开始下降。因此,MIT致力于创造一个可以强化并深化基础知识的学习环境,让年轻的工程师可以利用他们的知识和技巧,进

行更有自信、更有成效的创造和创新”。这就是MIT在其网站上对培养目标的描述^[2]。

对于航空航天专业,MIT意在创造一个新的整合性教育,培养出具有高素质工程师,他可以带领团队,成功的进行航空工程和相关的复杂高效能系统的概念构思、设计、执行和运作(Conception, Design, Implementation, Operation, 简称CDIO)。目标是:

①在技术基础上使学生打下坚实基础,并提高学生工程素质;

②培养具有创新性、有效执行能力和团队领导能力的工程师;

③教育引导学生们对自己工作重要性和价值进行认知与评估。

这三个目标相辅相成,却又彼此独立。

二、课程体系的分析与研究

为更清晰地了解MIT航空与航天课程体系设置的意图和规律,这里从横向(课程大类型)和纵向(课程学科类型)两个方面进行分析。

(一) 课程体系的横向分析

表1统计显示了MIT航空与航天工程专业本科生的课程计划。可见,MIT所开设的本科生课程包括全校统一要求课程(General Institute Requirements, 简称GIRs)、系课程

* [收稿日期] 2010-01-29

[作者简介] 田正雨(1989),男,四川仪陇人,国防科学技术大学航天与材料工程学院讲师,博士。

计划以及非限选课程。GIRs 相当于我国多所高校所开设的公共基础课程；而系课程计划包括系核心必修课、专业领域课程（必修+选修）和专业相关课程。

从课程类型的体系看，总体形式与很多高校并无太大差异，但细看其课程设置内容，却能看到其与众不同之处。

1、全校统一要求课程 (GIRs)

(1) 非常注重学生在人文、艺术和社会涵养方面的培养。

GIRs 课程中专门为学生开设了人文、艺术、社会科学课程学 (Humanities, Arts and Social Sciences, 简称 HASS), MIT 所设置的 HASS 内容相当丰富, 包含五大部分: ① 文学作品, ② 语言、思想和社会准则, ③ 视觉艺术和表演艺术, ④ 文化与社会, ⑤ 历史研究, 且这些课程只是为理工科学生精心打造的, 学生需要在总共 71 门课程中选择 17 门课程进行学习。从表 1 可见, HASS 课程的科目要求在 GIRs 中最多, 足见 MIT 对学生人文综合素质培养的重视。

表 1 MIT 航空与航天工程专业本科生课程计划^[2]

MIT 全校统一要求课程 (GIRs) (要求 17 个科目)						科目数
基础科学课程						6
人文、艺术、社会科学课程						8
科学与技术限选课程						2
实验课程						1
						学分
GIRs 以外的课程要求 198 学分	系课程计划	系核心必修课(共 108 学分)	一体化工程 I, II, III, IV		48	
			计算机和工程问题求解引论		12	
			自动控制原理		12	
			动力学		12	
			随机系统分析		12	
			微分方程		12	
		专业领域课程至少 48 学分	专业 A	专业 B		学分
				至少选择 24 学分课程		至少选择 36 学分课程
			空气动力学		航天系统的评估与控制	12
	结构力学		数字系统实验室介绍	12		
	推进系统引论		实时系统与软件	12		
	航天工程中的计算方法		交互系统工程	12		
			人为因素工程	12		
			自主决策原理	12		
	试验与进展课程		2 门课程选 1 飞行器工程 / 空间系统工程		12	
			3 个主题选 1 主题 1: 试验项目 I, 试验项目 II 主题 2: 飞行器进展 主题 3: 空间系统进展 I, 空间系统进展 II		18	
	满足学校总要求由系开设的其他相关课程				(36)	
非限选课程				48		

(2) 注重扎实的科学基础, 适当延伸技术和实验能力, 学生选课自由度高。

GIRs 中的另外三类课程分别是: 基础科学课程; 科学与技术限选课程和实验必修课程, 其中基础科学课程数为 6 项, 远大于其余两类, 可见 MIT 在 GIRs 课程设置方面以基础科学课程为主, 在科学与技术课程、实验课程上适当延伸。

MIT 的基础科学课程包括数学、物理、化学、生物类, 要求学生在 24 门课程中选择 6 门课程学习, 其中强调了对数学和物理的关注。同时可以看到, 在基础科学课程上学生也有较大的选择余地, 这与我国多数高校的课程设置方式有所不同。此外, MIT 的科学与技术课程虽然只要求选择 2 门课程, 但学生的选择范围更大, 远超出基础科学课

程的 4 个领域 (见表 2), 一方面可以为专业课程作铺垫, 另一方面也可以使学生能够按兴趣选择相关课程。

2、系核心必修课程

(1) 系核心必修课程培养学生的基本专业素养

系核心必修课程对于航空与航天系的两个专业都是必修的, 课程包括《一体化工程》(I, II, III, IV)、《计算机和工程问题求解引论》、《自动控制原理》、《动力学》、《随机系统分析和微分方程》, 这些课程系统地培养了学生在力学、工程数学、控制和计算机应用方面的素质, 其中重量级课程《一体化工程》培养学生在交流、协作和实际动手方面的能力。这些素质和能力都是未来优秀的工程师所需要的, 系核心必修课程上承科学基础课程、下接专业领域课程, 是培养学生专业素质的关键环节。

表2 GIRs中基础科学课程、科学与技术课程设置情况表^[2]

基础科学课程	学校开设课程数	要求学生选择课程数
数学	10	2
物理	8	2
化学	3	1
生物	3	1
科学与技术课程	学校开设课程数	要求学生选择课程数
数学、物理、化学、生物、生态、环境、地质、结构、材料、能源、电子、计算机、力学、经济	43	2

(2) 系核心必修课程是一个收缩性的环节

正是由于系核心必修课非常关键, 这些课程均设为学生必选课程。笔者认为, MIT此番设置用意深刻。由于GIRs的内容非常丰富, 学生容易依据兴趣选择科学基础课程, 这是一个带发散性培养的过程, 但不能任由发散下去, 为使学生打下坚实的基础专业素质, 必须根据专业的方向对学生进行引导, 这就需要有一个收缩性的培养环节, 这就是MIT系核心必修课程所处的位置。

3、专业课程与专业相关课程

专业课程主要包括专业领域课程的两类: 专业课程、试验与进展课程, 此外还由系开设的其他相关课程, 以及非限选课程。专业课程的设置具有如下特点:

(1) 专业课程设置形式丰富, 培养方向有所分化

首先需要说明专业课程的形式是非常丰富的, 航空与航天科学工程和航空与航天信息科学工程两个专业课程内容不同, 但在这些课程中学生仍然可以有所选择(2选1)。而试验与进展课程中有3个主题供学生选择, 学生可以根据需要选择不同的课程与主题。此外, 系里还开设了其他相关课程供学生选择。这样丰富的课程形式, 可以使自身具有的优势和在前期中积累起来的知识在学生兴趣和导师指导的驱动下, 在某一个方向上进行充分的发展, 发挥更好的效果。

(2) 专业课程设置具有很强的综合性与实践性

专业课程具有很强的综合性, 包括必修的专业课、试验课, 也包含专业相关课程, 以及学生的自选课程, 且学生的自选课程量很高。这种形式的课程设置能够在很大程度上发挥学生的主动性, 在较大范围内了解并选择自己需要学习的专业课程。同时试验性课程的比例也很高, 强调了学生的动手和实践能力。

(二) 课程体系的纵向分析

这里将从MIT航空与航天专业设置的纵向面(课程学科类型)入手, 分析非GIRs的专业课程与专业相关课程设置情况。按照数学、力学、电子、控制、计算机、航空与航天和其它共七类课程进行了归纳。

数学类课程主要体现在GIRs中, 在专业课中较少, 但大部分专业课程均需要不同程度的数学基础, 课程《航天工程中的计算方法》更是数学、航空与航天、计算机学科的综合课程。力学类课程主要集中在系核心必修课程中, 在A专业中学习得更加深入, 同时力学类课程也是航空与航天类课程的主要基础课程。电子类课程在专业课程中较

少, 它只需要学生掌握一定的相关知识。控制类课程非常重要, 特别是在B专业中, 该类课程多为综合性课程。计算机课程虽然课程不多, 在实际应用中很重要, 也是试验和实践类课程所必需的基础。航空与航天类课程是专业的主要课程, 它也是各学科课程的“终端”, 其课程量最大, 其余课程均为其基础。在不考虑“其它”类型课程的情况下, 各学科课程的数量特点如下:

A 航空与航天科学工程专业:

航空与航天> 力学> 数学> 计算机> 控制> 电子

B 航空与航天信息科学工程专业:

航空与航天> 力学= 控制> 计算机> 数学> 电子

上述特点反映出, 航空与航天工程的两个专业的专业课程设置均以航空与航天类和力学类课程为最重, A专业同时强调对数学和计算机的运用, 辅以控制和电子类的知识; B专业同时强调控制类知识的地位, 达到与力学并重的程度, 之后再是计算机和数学类知识的运用, 最后辅以电子类知识。该特点与航天领域工程师需要的知识构成是相符的。

三、特色课程的分析

MIT航空与航天专业课程中最有特色的当属《一体化工程》, 该课程可以说是综合性课程的典范。下面进行简要介绍和分析, 一斑窥豹, 以期对MIT的课程设置理念有所理解。

(一) 《一体化工程》课程简介

这是一门为大学二年级开设的系核心必修课程, 其特点之一是它的内容超过四倍典型一学期MIT课程量。围绕着课程的组织与讲授, 共包含七个学科的内容; 另一个特色是其教学视屏非常丰富, 包括大量的介绍、讲座示例以及春季项目的记录片和学习技巧范例。

1、基本目标

扎实理解航空与航天工程专业的多个基本原理, 以及它们之间的内在联系和应用。这些原理包括: 材料与结构(M)、计算机与程序设计(C)、流体力学(F)、热力学(T)、推进(P)以及信号和系统(S), 同时还有一个一体化概念部分(U), 其中信号和系统部分包含系统与实验室(\$L)。课程中, 导师致力于解释重要的公共技术思路, 同时也阐述综合解决系统工程问题(SP)的方法。课程贯穿一年的时间, 导师强调各学科之间的联系。

2、授课形式

贯穿每个学期, 学生都要投入七个原理的学习中, 每

个原理都是学期课程一部分，各自包含一系列讲座。授课是并行进行的，当一个原理讲授结束时，学生需通过测验并进入下一个原理的学习中。

3、知识与能力的强化

学生需要解决导师所分配的问题，每周星期一将被分配给一个问题，在下一周的星期二（8天后）时提交结果，若问题被迅速解决，则导师将在2-3天给出新的难度提高的问题。对问题的解决将纳入成绩。

4、测验

为帮助学生评估自己的学习，每个测验都将给出一个“Joe B”成绩参考。“Joe B”实际是一个虚拟的学生，他在测验中具有中等B的成绩。成绩显著超过Joe的学生将获得A，成绩低于Joe的获得C或更低。

（二）课程特点分析

1、该授课方式强调了航空航天工程的系统性，是强调知识技术综合性的体现

航空航天工程是综合性的工程技术，是气动、结构、材料、防热、控制、计算机、电子、测控、推进等多个领域技术的综合与升华，航空航天工程系统是现代典型的复杂大系统。《一体化工程》课程的开设无疑是对航空航天工程的这种综合性的反映。七门重要专业基础课程在讲授时便互相嵌套，联系在一起，能够直接提高学生综合运用多学科知识进行思考的能力，也就是一种总体思维和全局把握的能力，这是优秀的航空航天工程师所需要的素质。

此外，当今世界上的技术与知识创新，大多数是不同学科的技术与知识结合交叉产生的。在本科生阶段便培养学生的这种能力，对培养高素质创新性研究人才大有裨益。

2、多种学科的统一性课程组织是对传统授课方式的一种挑战

《一体化工程》课程本身就是一个复杂的系统，包含许多不同的活动、讲授和技术学习，该课程将7个不同领域课程的基本原理纳入一个课程体系进行讲授，多名教师有针对性地进行教学，期间不断强调各学科之间的联系，学校还采取相应的课程保障措施，且课程时间长达两个学期。这样的组织、讲授和保障难度，在一般高校中是少有的，反映了MIT独具的特色。

该课程处于学科基础课学习阶段，对于学校、教师、学生都具有较大挑战性。但是可以确定的是，这类课程的顺利实施将使得学生的知识体系、思维方式、协作能力等得到很大的提高。

3、教学环节以学生为本，形式新颖

贯穿《一体化工程》课程的全过程，教学始终以学生为本，而非强制性的灌输。首先，强调学生自学能力的培养，以部分自学内容作为讲授内容的适当补充；第二，在知识与能力的强化上，在一定时间内让学生自行解决被分配的问题，对于特别优秀的学生，则及时（23天内）重新给予难度更大的问题并计入成绩；第三，为了让学生评估自己的学习水平，构建虚拟的“Joe B”，供学生参考，既使成绩评定更加公开公平化，又有利于学生改进和提高自己的学习，相当具有人性化。

这三个教学环节，充分站在学生的角度考虑设置，形式新颖，既提高了学生的学习能力，又有利于发挥学生的优点，还能促进学生与导师的交流，体现出MIT作为世界一流大学的独特魅力。

四、结束语

通过本文的分析可见，MIT的航空与航天本科专业课程从课程体系设置、教学环节安排，到具体的课程内容与形式，均做了精心的设置，本文归纳出几个特点，这些特点对于我国高校的航空航天专业课程设置，是非常有益的参考。

（1）具有丰富的课程资源与课程设置形式。

（2）学生选课权利充分，但MIT在系核心必修课上进行必修限制。形象地说，学校在学生在学习过程中采用“放一收一放”的引导模式，既要体现学生的多样性，发挥其优势，也要让他们打下坚实的专业基础。

（3）从专业的设置，到课程的组织、讲授，MIT一直强调培养学生的工程师素质，授课过程以CDIO（构思-设计-执行-运作）为框架，简要地说，就是要让学生成为具有坚实知识基础以及合格素质的航空航天工程师。

（4）教学形式丰富，对学校、教师和学生都很具有挑战性，一些教学方式具有明显的人性化考虑。

〔参考文献〕

- [1] 王海芳, 杨新元. 麻省理工学院对我国理工科院校的发展启示[J]. 科技信息, 2007, (4).
- [2] 麻省理工开放式课程网站: <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/web/courses/courses/index.htm>.

(责任编辑: 范玉芳)