

英国南安普敦大学航空航天工程本科培养方案解读

陈琪锋, 孟云鹤, 杨磊, 郑伟

(国防科学技术大学 航天科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 介绍了南安普敦大学航空航天与空间系统工程本科生培养方案, 包括其培养目标与培养要求、课程体系设置和核心课程的主要内容。结合 CDIO 理念分析, 总结了其主要特色, 即明确的工程教育目标、注重多种能力培养、紧密围绕专业设置课程模块、采用“积木”式教学方式、强调团队协作、重视工程管理等, 对国内高校工科教育特别是航空航天类专业的教学改革具有很好的参考价值。

[关键词] 工程教育; 航空航天工程; 本科培养方案; 课程体系

[中图分类号] G511 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2014)02-0061-06

An Analysis of the Undergraduate Programme of Aerospace Engineering of the University of Southampton

CHEN Qi-feng, MENG Yun-he, YANG Lei, ZHENG Wei

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

Abstract: The undergraduate programme of Aeronautics & Astronautics, and Space Systems Engineering of the University of Southampton, including the educational aims, the outcome requirements, the programme structure, and the main contents of core modules are systematically analyzed. The main characteristics of the programme referring to the scheme of conception, design, implementation and operation are also analyzed and summarized. The characteristics are a clear education goal of engineering, the stress on the fostering of multiple abilities, the employment of modules closely related to the main theme, the using of a building-block like module structure, the emphasis on team work, and the attachment of importance to engineering management. The analysis of the programme provides good reference for the reformation of engineering education in domestic universities, especially for the aerospace discipline.

Key words: engineering education; aerospace engineering; undergraduate programme; module structure

南安普敦大学是英国著名的研究型大学, 从其前身哈特利学院的创立起已有 150 余年的历史, 在 2010 年的泰晤士教育世界大学排名和 2010、2011 及 2012 年的 QS 世界大学排名中均名列前 100 名内。南安普敦大学的工程学久负盛名, 其工程与环

境学院主要在航空航天、生物医学工程、土木与环境工程、计算工程、能源、环境科学、海洋工程与船舶科学、材料与表面工程、机械工程、声学及振动等工程学领域开展教学和科研工作。在 2008 年英国高等教育资助委员会开展的科研评估

[收稿日期] 2013-05-20

[作者简介] 陈琪锋 (1976-), 男, 河南南阳人, 国防科学技术大学航天科学与工程学院副教授, 博士, 硕士研究生导师, 主要研究方向为飞行器总体设计、飞行器动力学与控制。

(research assessment exercise, RAE) 中,南安普敦大学的机械、航空与制造工程在全国排名第二,其他工程科学研究排名第三。2012年的TIMES专业排名中,南安普敦大学航空与制造工程专业排名全英第7。南安普敦大学教学质量很高,被英联合王国高等教育质量保障局评为最高级别,在国家学生调查中,南安普敦大学被学生评为排名前十的满意度最高的高校之一。

2010年作者以访问学者身份在南安普敦大学学习期间,调研了该校航空航天工程专业本科培养方案(本文以下简称为南安培养方案)。研究和分析南安培养方案,可为我国高等院校的航空航天工程乃至其他工程专业的教学改革提供重要参考。

一、培养目标与总体要求

南安普敦大学航空航天学与空间系统工程专业为本科生(Undergraduate)提供了可授予工程学士学位(BEng)和工程硕士学位(MEng)的培养计划。学生完成3年的学习获得BEng学位;完成4年的学习获得MEng学位,综合成绩达标的还将获得注册工程师资格。^[1]

(一) 培养方案的目标

培养方案的目标是制定培养方案的基本依据,凝练了该专业人才培养的核心思想。南安培养方案的目标是^[2]:

(1) 使学生对航空航天学与空间系统学科的基本原理、方法、工程设计与应用的分析与综合具有深入的理解;

(2) 提供能反映学院国际知名研究工作的系列教学模块;

(3) 训练学生成为具有广泛知识和技能的专业航空航天工程师;

(4) 提供与工业相适应的学位结构,并且能够响应技术变化和领域需求;

(5) 提供支持性知识激励环境,鼓励独立学习和质询,培养终生学习和职业发展的风气;

(6) 提供学院研究活动支持的个人和团体作业与项目,激励工程设计中所需要的独立创新、自我评价和协作技能。

(二) 知识与技能要求

为将毕业生培养成专业的航空航天工程师,南安培养方案明确规定了知识和技能方面的要求,这些知识和技能主要包括四个方面,如表1所示。

表1 南安培养方案规定的知识与技能要求

知识与理解	学科特定的思维和研究技能
1. 与航空航天工程有关的数学和科学知识 2. 航空航天工程的基本概念、原理与理论 3. 与航空航天工程实践有关的基本事实、概念和原理 4. 工程设计、制造原理及在概念和详细设计中的应用 5. 与航空航天工程实践有关信息和通信技术 6. 与航空航天制造产业有关的管理和商业实践 7. 健康与安全问题,风险评估与管理框架 8. 航空航天工程师的社会和职业责任 9. 环境问题及航空航天工程对环境质量的重要性 10. 工程师在社会中的角色和工程判断中的约束	1. 规划、实施和报告个人研究计划 2. 使用必要的数学方法分析和解决工程问题 3. 在求解问题和设计开发中的创新性 4. 设计满足需求的工程单元和系统,批判性地评估和改进 5. 从多种来源集成和评估信息与数据 6. 以整体论方法求解问题和设计系统,应用专业判断来平衡风险、费用、利益、安全、可靠性、审美和环境影响
可转移和通用技能	学科特定的实践技能
1. 书面、口头或通过绘图有效地沟通 2. 应用数学技能:代数、几何,建模与分析 3. 以开放思想和批判质询精神独立地学习 4. 作为团队一员建设性地开展工作 5. 管理时间和资源 6. 使用信息和通信技术 7. 有效地使用图书馆、互联网和其他资源 8. 管理任务,解决问题,由一个领域向另一领域转移技术和解决方案,应用批判分析和判断 9. 在专业发展和职业生涯中有效地学习 10. 以某种外语交流(可选)	1. 安全开展系列试验 2. 使用实验室设备产生数据 3. 分析实验结果并评估其有效性 4. 准备技术制图包括使用CAD和手绘草图 5. 准备技术报告 6. 使用各种媒体进行技术展示 7. 使用计算机软件包,或编写计算机程序 8. 有效使用各种来源的科技文献

注:资料来自南安普敦大学航空航天与空间系统工程专业培养计划。

二、培养方案结构与课程体系

(一) 培养方案结构

南安普敦大学教学按学期实施, 其培养方案包括四个部分: Part I (概念级, level C), Part II (中间级, level I), Part III (高级, level H), 和 Part IV (硕士级, level M)。每个部分对应一个学年(包括2个学期)的学习计划, 前三部分各包括120学分的学习模块, 第四部分包括150学分的学习模块。其模块就是广义上的课程, 每个学分相当于10个学习小时, 其中包括正规学习(课堂、实验等)和自主学习, 而各模块中所分配的自主学习时间约占模块总学习时间的60%—80%。学生可以选择第三年完成Part III后毕业获得BEng, 该培养计划覆盖了航空航天工程所有的传统核心课程; 也可以在第四年最终完成Part IV后获得MEng, 其中前三年的学习与BEng完全相同。培养方案除了兼容BEng和MEng两种学位选择外, 还可以有多种出口: 成功完成Part I的学习可以获得高等教育证明, 成功完成Part II的学习可以获得高等教育文凭。^[3]

南安培养方案的四个部分中, Part I和Part II不分方向, 设置的教学模块是航空航天专业的公共基础, 而Part III和Part IV按不同主题分别设置教学模块, 这些主题包括: 先进材料、空气动力学、航空器系统与设计、航天器工程、结构设计、空间系统工程、工程管理、欧洲研究等。Part III和Part IV的主题选择由学生在Part II结束时决定。是否能进入Part IV取决于学生在Part II和Part III的成绩表现。学生也被允许不选择任何已有主题而根据认可的选项来建立自己的培养计划。^[4]

(二) 课程体系

Part I和Part II设置的所有模块均为必修, 其模块设置情况如表2所示。^[5-7]

表2 Part I和Part II的模块设置

序号	Part I	Part II
1	工程科学的数学 1	工程科学的数学 3
2	工程科学的数学 2	工程分析
3	飞行力学 1	航天学 2
4	航空航天导论	空气动力学
5	固体力学	动力学与控制
6	热力学	气动热力学
7	材料属性	推进
8	力学	计算
9	流体力学	飞机结构
10	电气系统	飞行力学 2
11	建模与计算	材料
12	设计	工程设计与结构分析方法

注: 资料来自南安普敦大学航空航天与空间系统工程专业培养计划和模块说明。

表3 Level H的模块设置(必修课和部分选修课)

序号	模块名称	模块为必修的主题
1	飞机结构设计	1~5, 7
2	航空航天设计 I	1~5, 7
3	应用空气动力学	1~5, 7
4	航天学	4, 6
5	飞机推进	3
6	飞机动力学	3
7	机翼空气动力学	2
8	航空航天设计 II	1~7
9	空间应用的并行设计	6
10	金属加工	1, 5
11	材料服役性能	1, 5
12	教学、交流与本科生外交官计划	选修
13	有限元分析 I	5
14	个人项目	1~7
15	人因工程	选修
16	工业法律 1	7
17	管理 1	1~6
18	管理 2	7
19	工程师的管理科学	7
20	非职业会计与金融学	7

注: 资料来自南安普敦大学航空航天与空间系统工程专业培养计划和模块说明。

表4 Level M 的模块设置(必修课和部分选修课)

序号	模块名称	模块为必修的主题
1	航空电子 I	3
2	可压缩流	2, 可选
3	高超声速与高温气体动力学	2, 可选
4	航空航天计算流体力学	2, 可选
5	湍流 I: 物理学与测量	2, 可选
6	湍流 II: 计算与建模	2, 可选
7	流动控制	2, 可选
8	航天器工程设计	4, 6
9	航天器结构设计	4~6
10	航空电子 II	3
11	航天器仪器	4, 6
12	飞机结构	5
13	动力上升 (Powered Lift)	3
14	载运工程材料	1, 5
15	材料失效	1, 5
16	团体设计项目	1~7
17	表面工程	1
18	设计搜索与优化 1 - 原理、方法与参数化	3
19	设计搜索与优化 2 - 案例研究	选修
20	微结构特征化	1
21	复合材料工程	1, 5
22	信息系统管理与开发	7, 可选
23	公司风险管理	7, 可选
24	项目风险管理	7, 可选
25	资源与运行管理	7, 可选

注: 资料来自南安普敦大学航空航天与空间系统工程专业培养计划和模块说明。

Part III 与 Part IV 的模块按主题设置, 在必修模块之外还设置了可选模块。另外, 在 Part III 中设置了 30 学分的个人研究项目, 在 Part IV 中设置了 50 学分的团体设计项目。Part III 和 Part IV 的模块按 Level H 和 Level M 两类列出, 其中 Level H 模块主要为 Part III 服务, Level M 的模块都属于 Part IV, 但 Part IV 也可以从 Level H 中选择一部分模块^[1 2]。各主要主题的 Level H 和 Level M 模块分别列于表 3 和表 4, 其中主题 1 为先进材料、主题 2

为空气动力学、主题 3 为航空器系统与设计与、主题 4 为航天器工程、主题 5 为结构设计、主题 6 为空间系统工程、主题 7 为工程管理。

三、培养方案特色分析

通过对南安培养方案的目标与要求、课程体系和课程内容设置等的分析, 以及与 CDIO 思想和国内高等工程教育情况的联系和对比, 总结出该培养方案的主要特色。

(一) 具有明确的工程教育目标

工程教育的目的是将学生培养成为“整装待发”的工程师, 在其从事职业前具备较好的工程能力和深厚的技术基础知识^[9]。南安培养方案具有明确的工程教育目标, 即训练学生成为具有广泛知识和技能的专业航空航天工程师。经过四年培养后获得的注册工程师资格为毕业生的航空航天职业生涯奠定重要基础。当前, 国内外许多高校工科教育仅注重严格的科学基础的训练, 忽略了学生的工程能力培养, 其根本原因就是工科教育培养目标的迷失, 而工业界才是工科毕业生的最终客户。这种目标的迷失导致工业界对工科大学毕业生满意度较低, 也是最近流行的基于 CDIO (构思、设计、实施、运行) 教学模式的工程教育改革的根源^[6]。虽然南安培养方案并没有直接实施 CDIO 教学模式, 但其核心思想与 CDIO 一样, 都是紧密围绕工程师应具有的知识与能力来设计和实施。而这些知识和能力都来自于工业界的实际需求, 因而是相似的, 如 CDIO 所强调的专业知识和技能、创造性、批判思维、终身学习、时间管理能力、交流能力、以及团队工作能力等都已涵盖在南安培养方案的目标与要求中。这种与 CDIO 思想的一致性表明南安培养方案符合高等工程教育改革的发展趋势, 可为我们开展航空航天专业的工程教育改革、研究和实施 CDIO 教育模式提供重要思路。

(二) 注重多种能力的培养

围绕培养专业航空航天工程师的目标, 南安培养方案除了要求毕业生具备专业知识、思维和研究技能外, 还要求学生具有学科特定的实践技能和工程师应具备的通用和可转移技能。关键之处在于,

培养方案不是想当然地认为学生能够自然具备这些技能,而是有明确的计划确保学生能够建立这些能力。培养方案明确指出了使学生获得各项知识和技能的途径,包括授课、小组辅导、习题课、实验室实验、课程作业、个人和团体项目研究、与工业部门的交互等。同时,培养方案还规定了评估学生对这些知识和技能掌握程度的多种手段,包括笔试、基于问题的练习、课程作业、实验报告、研究项目报告、口头陈述和撰写短文等。在各课程模块的大纲中都说明了该模块培养学生哪些方面的知识和技能。除了通过一些课程的大作业之外,还安排了专门的模块来帮助学生获得相关能力,如“建模与计算”和“计算”模块开展计算机应用和报告撰写的教学,“设计”模块教学生使用 CAD/CAM,个人研究和团队设计项目锻炼学生多方面的能力,等等。可见,南安培养方案提供了系统化且可操作的能力培养机制,能够有效地将学生能力培养落到实处,这与 CDIO 教学改革的要求相吻合。当前,国内高校普遍意识到改变以往只重视知识传授而忽略能力培养的教学模式势在必行,但往往对培养何种能力、对如何培养能力缺乏经验,南安培养方案可以作为有益的参考。

(三) 紧密围绕专业设置课程模块

从南安培养方案的课程体系设置可以看出,其课程模块都是紧密围绕航空航天专业的核心内容展开。第一年的课程除了少量必备的数学、电学等基础课程外,开设的课程模块主要是飞行力学、固体力学、流体力学、热力学、材料属性等航空航天工程的专业基础课程,而第二年以后安排的就几乎都是航空航天工程的专业课程了。可见,该培养方案的专业性非常强,注重围绕专业发展的需要全面培养学生能力与素质。近年来,一些高校不断打通专业划分,安排的基础性、公共性课程很多,而专业性的课程非常少,这样做的优点是学生的适应面较广,但不足是对所学专业认识不够全面和深入,如何化解通识教育与专业教育的矛盾、对两者进行有机融合是值得深思的问题。

(四) 采用“积木”式教学方式

从横向看,南安培养方案每年的课程都从航空航天工程专业所涉及的主要科目铺展开来,如力

学、气动、结构、推进、材料、设计等等,课程模块的学科布局较为均衡。从纵向看,各年度的课程以一种递进的方式安排,各个科目逐步深入,课程的前后继承性强。这种课程设置模式像积木一样层层逐步垒高,在由浅入深的同时使学生很早就能够对构成整个专业的多个科目有全面的认识,易于建立各门课程的横向联系。而国内大学的课程安排通常是各科目自成体系,在一门课中将某一科目的内容阐述透彻,各科目像孤立的烟囱一样,散布在不同学年开设,造成横向看各学年课程的学科分布非常不均衡,纵向看继承性不强,这非常不利于学生及时综合应用所学知识。“积木”式课程体系有利于及时融汇所学知识,易于使课程教学与项目和能力培养进行交叉,非常符合 CDIO 一体化课程计划的要求。在“积木”式课程体系框架下,南安培养方案又通过开设综合性课程来更好地融合多学科知识,加强学生对专业的全面理解和综合应用能力。例如,对航天器工程和空间系统工程主题,在多个学期连续开设“航天学2”、“航天学”、“航天器工程设计”等综合性课程,其中把“航天器轨道力学”、“姿态动力学与控制”等航天工程专业的传统课程的内容分阶段地集成于其中,相关专门课程不再单独开设。打破“烟囱”、学习“积木”模式是开展大学工程教育教学改革的很好思路,如何将航空航天工程专业的教学内容合理组织,均衡且逐步深入地开展教学实施,南安培养方案提供了很好的经验。

(五) 强调团队协作

南安的培养方案非常注重培养团队协作能力,因为团队协作能力是工业部门对工程师的普遍要求,加强团队协作能力培养也是 CDIO 教学改革的目标之一^[10]。南安培养方案中,在三年级安排了30学分约合300小时工作量的个人项目,相当于一个小型的毕业设计。在此基础上,为了获得工程硕士学位,达到注册工程师的要求,还必须参加第四年的团队设计项目,这一团队设计项目为50学分约合500小时工作量,可见团队设计项目是比个人项目更为重要的环节,个人研究能力是基础,能够在团队中开展工作才是最终目标。南安的团队设计项目强调针对实际的需求开展真实的构思、设计

和实施,其团队规模较大,实践性更强,因此能够更为全面地锻炼学生的能力。在开展团队项目之前,学生已经在“航空航天导论”、“航空航天设计 I”、“航空航天设计 II”、“航天器工程设计”等多门课程中参与过小组协作的训练,使学生具备了较好的团队协作基础,因此才能够通过更为贴近实际的团队设计项目获得更深入、更全面的能力提升。可见,南安培养方案提供了系统地培养学生团队工作能力的整套方案。而国内的大学工科教育往往缺乏专门和深入的团队协作训练,普遍开展的毕业设计环节是以培养学生的独立研究能力为主,团队协作能力培养基本停留在部分课程采用的分组大作业的层次上^{[7][11]},而且对学生如何更好地协作缺乏明确的指导,这需要在进一步的教学改革中大力加强。

(六) 重视工程管理

当今世界的工程往往是大工程、大协作,特别是航空航天工程更为庞大复杂、协作面更广,因此有效的管理在其中就显得尤为重要。南安培养方案中,在航空航天工程专业中设置了专门的管理主题,其培养计划与其他主题一样包含航空航天专业的所有核心课程,以及一些与管理有关的模块,其培养目标是使专业工程师能够快速进入航空航天工业部门的管理岗位。除了设置管理主题培养专门的航空航天工程管理人才外,还在所有其他主题中都安排了管理学必修课。此外,还非常注重通过课程作业、个人和团队设计项目培养学生的管理能力,比如通过设定作业和项目时限以及超期惩罚措施来锻炼学生的时间管理能力,在项目中锻炼项目管理能力、组织能力和财务管理能力等。

四、结束语

英国南安普敦大学以一流的科研实力和卓越的教学水平而闻名,其工程学和工程教育在英国名列前茅。本文对南安普敦大学航空航天工程专业本科

培养方案的培养目标、课程体系和课程内容设置进行了介绍和分析,并结合 CDIO 理念和国内高校工科教育现状,总结了该培养方案主要特色,即具有明确的工程教育目标、注重多种能力培养、紧密围绕专业设置课程模块、采用“积木”式教学方式、强调团队协作、重视工程管理等。本文的分析和研究对航空航天工程专业的课程体系安排和教学内容设置具有重要的参考价值,对于高等工程教育改革和培养方案制定具有很好的借鉴意义。

[参考文献]

- [1][2][3][4] University of Southampton, School of Engineering Sciences. Programme Specification : MEng (Hons), BEng (Hons) Aeronautics & Astronautics , Space Systems Engineering [Z]. Southampton , UK: University of Southampton , 2010.
- [5] University of Southampton, School of Engineering Sciences. Module specifications [DB/OL]. Southampton , UK: University of Southampton , 2010. <http://www.soton.ac.uk/ses/resources/ugmodules.html>.
- [6] University of Southampton, School of Engineering Sciences. Coursebook for Part I: Aeronautics & Astronautics , Mechanical Engineering , Ship Science [Z]. Southampton , UK: University of Southampton , 2010.
- [7] University of Southampton, School of Engineering Sciences. Coursebook for Part II: Aeronautics & Astronautics , Mechanical Engineering , Ship Science [Z]. Southampton , UK: University of Southampton , 2010.
- [8] University of Southampton, School of Engineering Sciences. Coursebook for Part III/IV: Aeronautics & Astronautics , Mechanical Engineering , Ship Science [Z]. Southampton , UK: University of Southampton , 2010.
- [9][10] Edward F. Crawley , Johan Malmqvist , Soren Ostlund , Doris R. Broudeur. 重新认识工程教育—国际 CDIO 培养模式与方法 [M]. 顾佩华,沈民奋,陆小华,译. 北京:高等教育出版社,2009:5-10 80-86.
- [11] 国防科学技术大学. 国防科技大学 2012 本科培养方案 [Z]. 长沙:国防科学技术大学,2012.

(责任编辑:胡志刚)