

把握课程特点, 强化教学效果

——《火箭推进原理》课程教学技巧初探

李清廉, 吴建军, 王振国

(国防科学技术大学 航天与材料工程学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 《火箭推进原理》作为一门重要专业基础课程, 具有“基础性”、“综合性”和“实践性”的特点。本文结合这些课程特点, 在教学实践的基础上, 提出了课程教学应该达到的目的, 总结了能够有效强化教学效果的教学方法。

[关键词] 火箭推进; 课程; 教学

[中图分类号] G642 [文献标识码] A [文章编号] 1672-8874(2007)01-0070-03

《火箭推进原理》是航空宇航推进理论与工程学科的主要专业课程之一。经过几十年的建设, 这门课程已经成为我院飞行器设计及航天推进专业最重要的专业课程。

相对于学生以前学习的课程来说, 这门课程不属于基础科目, 而较为偏重于工程技术与实际应用。课程首先介绍火箭推进的一般抽象原理, 然后介绍用于航天活动的实际推进系统的原理, 主要内容包括: 基本原理与基本过程, 液体火箭发动机工作原理、主要系统及关键技术, 固体火箭发动机原理、系统及技术, 其它先进火箭发动机技术。因为内容与实际推进系统有较密切联系, 所以本门课程具有区别于其它课程的鲜明特点, 我们将其总结为:

1. 基础性, 该课程是航空宇航科学与技术专业的重要基础;
2. 综合性, 课程内容综合应用多门学科知识;
3. 实践性, 学习目的及学习方法着眼于实际应用。

在教学过程中, 为了更好地让学生理解课程内容, 提高应用这些内容解决实际问题的能力, 针对这些特点采用了特定的方法以强化教学效果。

一、把握“基础性”特点, 打牢学生跨入航天领域的基本功

火箭推进技术是航天运载发射技术、导弹飞行技术及航天器轨道运行技术的共同基础。航天领域有一句名言: “航天发展, 动力先行”, 生动地表达了推进系统的基础性地位。《火箭推进原理》这门课程着重介绍火箭推进系统的工作原理、系统构成及关键技术, 是学生应当优先掌握的专业课程, 是进一步学习其它专业课程的必备基础课程。课程具有以下特点:

1. 是航天推进系统的设计、分析与应用的基础;
2. 是飞行器总体或者导弹总体设计的基础;
3. 是设计空间任务包括空间站运行、载人飞行等任务

的基础。

由此可见, 对于将要从事航天领域工作的学生来说, 本门课程具有重要意义。为了保证达到教学目标, 帮助学生掌握课程内容, 教学讲授过程中, 在强调学好课程的必要性及重要性的同时, 采用了以下几条措施。

(一) 建立课程教学的基本体系, 区别教学内容的不同层次

课程内容博大精深。在全面理解课程内容的基础上, 结合大纲要求及实际应用的需要, 建立了课程教学的基本体系, 提出“了解”“理解”“掌握”“精通”四个层次的教学要求。

对于具有“奠基”意义的基本内容, 包括基本概念、基本原理、基本理论及基本公式四方面, 要求达到精通的程度, 即能够准确把握基本概念, 正确讲述基本原理, 熟练应用基本理论分析问题, 灵活应用基本公式解决问题。基本概念包括发动机性能指标、液体火箭发动机系统相关概念等, 基本原理包括推力产生原理、热力计算原理等, 基本理论包括喷管流动理论、固体火箭发动机性能理论等, 基本公式包括发动机性能计算公式、飞行器理想速度公式等。学生应该成为这些内容的“知己”。

对于由基本内容推论、演化或者具体应用于重要对象而得到的重要内容, 要求达到掌握的程度, 即能够用自己的语言准确描述其内容, 能够建立这些内容与相关内容的联系, 能够应用这些内容分析解决问题。学生应该成为这些内容的“朋友”。

对于那些以实际系统为对象的内容、考虑实际应用条件的内容、深化前述内容的内容, 要求达到理解的程度, 即能够明白这些内容与其它内容的源缘关系, “听得懂”这些内容。学生应该成为这些内容的“熟人”。

为了加深对本课程内容的掌握, 还要求学生了解一些相关基础、背景知识、邻近学科等内容, 即“知道”这些

内容的存在,“知道”它们与本门课程及重要内容之间的关系,以在需要时能够顺利地进行资料查阅及综合应用。学生应该成为这些内容的“点头之交”。

(二) 采用针对性强的有效方法,保证对课程基本内容的精通

课程教学强调对基本内容的精通。要求精通基本概念,能够掌握基本概念的内涵及外延,能够分析概念的适用性;要求精通基本原理,能够准确描述基本原理;要求精通基本理论,能够灵活应用基本理论分析问题;要求精通基本公式,能够从基本原理出发正确推导公式,能够熟练应用基本公式解决问题。

为了使学生精通基本概念,教学过程中着重分析概念的内涵与外延,注意辨别概念本身与相似概念的异同。同时,以学生所熟悉的内容为基础,采用类比方法举出恰当实例,帮助学生深化理解基本概念。

在基本原理的教学过程中,坚持通过概念与物理过程进行讲授,避免直接采用复杂、冗长的数学公式。这样,能够让学生建立清晰的物理图像,领会基本原理的内在实质。在掌握了物理实质的基础上,再引入数学表达,符合“循序渐进”的认知原理。

对于基本理论的讲授,强调理论的系统性,注意建立理论的不同内容之间的内在联系。

为了让学生精通基本公式,教学过程中坚持采用板书由原理出发逐步推导公式,保证学生不但“知其然”——记得住公式的形式,而且“知其所以然”——明白公式的本质;不但将公式“吃”进去,而且达到“良好消化”的目的。

(三) 突出推进系统在航天活动中的重要地位,提升学生学习的兴趣与自觉性

推进系统是航天活动能否成功或者效果优劣的重要基础。课程教学中,注意随时突出这种基础性作用,促进学生自觉地投入到对课程的学习中。

首先,在各个内容模块中有意识突出推进系统与航天任务的直接联系。如在“飞行性能”一章中,通过建立运载火箭性能与发动机性能参数之间的关系,强调发动机性能是航天运载能力的直接制约因素。另外,通过实例强调火箭推进系统在飞行器设计、空间任务设计等活动中的作用。实际授课过程中,还突出了火箭推进在登月工程、超燃冲压发动机研究等工作中的作用。最后,注意结合热点航天任务的关键技术,显示推进系统的决定性作用。课堂上通过分析我国载入飞船的发展历程并分析 CZ-2F 火箭的结构组成,强调了“动力先行”的决定性作用。

二、把握“综合性”特点,提高学生综合运用基础知识的能力

对于学生来说,在此之前接触的均是公共基础课或者专业基础课。本门课程是第一门专业性强的课程,其内容具有很强的综合性:

1. 推进作用的实现过程涵盖了多门学科知识,如工程

热力学、气体动力学、流体力学、化学、机械设计与制造等;

2. 推进系统的各个子系统分别属于多个专业领域,如流体机械、能源与动力、材料技术、结构等;

3. 推进系统的研究,用到多种方法,包括理论分析、模拟试验、热态试验及数值仿真等等。

由此可见,课程讲授前必须对相关学科及领域有较深了解,同时,为了利于学生接受,应当根据具体内容所涉及的学科、领域及方法采用一定的教学技巧。这样,既巩固基础学科的有用知识,又综合运用基础学科分析实际问题,有助于掌握课程内容。在课程教学中,采用了以下方法保证教学效果。

(一) 结合课程内容的不同要求,精练回顾相关学科知识

课程的不同模块内容往往涉及多个学科或者领域。在进行内容讲授之前,对相关的学科及领域进行一定的复习或者介绍,有利于学生接受新的内容。同时,以确定的内容为主线,将不同学科或者领域的内容有机地联系在一起,有助于学生提高综合运用所学知识的能。

如在讲述喷管理论前,首先复习工程热力学、气体动力学等内容。应当注意此时仅需要对等熵过程、能量守恒定律及总静温关系式等对喷管理论起到支撑作用的内容进行复习。然后在综合上述内容的基础上讲授喷管过程及性能。这样,学生既能够很容易地掌握新内容,又对以前课程的内容进行了复习回顾。而讲授推进剂燃烧时,同样可以对化学、传热学、气体动力学等内容进行复习和串联。

(二) 从不同角度对同一个问题进行分析,力求全面理解掌握

课程的大部分内容都具有综合性的特点,可以从不同角度进行分析。例如,对于理论性较强的热力计算,从化学动力学角度分析得出化学平衡的条件,而从化学热力学角度则得出最小自由能的条件,而这两个条件实际上是等价的。对于液体推进剂的燃烧过程来说,可以仔细考虑微观过程确定热能释放结果,也可以从能量转换过程的非等熵效应进行宏观分析。可见,从不同角度对同一问题进行分析,有利于学生对以前掌握的散乱知识系统化、条理化,也有利于深刻领会所分析的问题的本质。

从不同角度考虑同一问题,往往会采用不同方法来进行分析。对于化学火箭发动机推力室内过程的分析,从能量转换角度分析倾向于采用理论分析方法,从燃烧流场的角度分析会采用数值仿真方法,而如果关心实际的推力室性能则倾向于试验研究方法。对相同问题采用多种方法,可以达到深化理解的目的。

(三) 介绍各子系统的“横向领域”内容,拓展学生视野,建立宽广的知识架构

推进系统作为一个完整的有机系统,子系统分别属于各自的“横向领域”。对子系统的内容的深入掌握,离不开对其所属领域的了解。因此,讲授过程中注重对相关领域的介绍。

例如, 涡轮泵系统包括泵、涡轮、燃烧发生器等部件。泵所属的流体机械内容广泛, 而液体火箭发动机中应用的离心泵只是一个很小的分支。通过简单介绍泵的背景知识, 可以引导学生从更专业的角度掌握离心泵的原理与性能。而涡轮在航空、航海等行业也广泛应用。通过这样的教学安排, 学生可以跨出一门课程的范畴, 开阔自己的专业视野, 建立火箭推进系统与其它领域的联系, 为今后深入掌握推进系统、设计或者应用推进系统奠定基础。

在教学过程中, 有意识地体现这种基础学科的综合性, 有利于学生“温故而知新”, 或者借他山之石以攻玉, 不但可以巩固以前的基础学科知识, 同时能够更好掌握本课程内容, 而且形成了对课程相关领域的更全面的了解。总的来说, 提高了学生综合运用基础知识分析实际问题的能力。

三、把握“实践性”特点, 激发学生应用课程知识有所作为的热情

《火箭推进原理》是一门有着明显实践性特点的课程, 主要表现在:

1. 课程的主要内容都是在明确的工程项目需要条件下发展成熟的;
2. 课程内容所涉及的理论均需要依据试验进行修正后才能得到正确的应用;
3. 课程学习的直接目的是进行实际推进系统的设计、分析与应用。

依据这些特点, 课程教学过程中注重将课程内容与实际推进系统和航天活动紧密联系, 以促进学生更有效地掌握课程知识。具体采用了以下教学方法。

(一) 通过多种方式, 在学生脑海中烙下“实践性”的鲜明印象

首先, 课堂讲授时通过大量演示推力室、推进系统、运载火箭等实物模型、照片, 以及卫星飞行、火箭发射、发动机热态试验等录像、动画, 让学生建立火箭发动机的实际存在方式。

其次, 讲授具体课程内容时, 注意联系发展历史及工程背景, 使学生形成了本门课程非常“实用”的印象, 有利于学生形成良好的“学以致用”的意识。

另外, 利用专门时间组织学生参观陈列室、试验室, 帮助他们理解实际推进系统的复杂性和工程性。参观不但使学生将课堂上掌握的抽象概念与原理具体化, 而且非常有效地提高了大家对推进系统的兴趣。

(二) 建立课程内容与实际工程项目的联系, 培养学生的工程意识

火箭推进技术向前推进的每一步, 都伴随着航天技术的重大进展, 有着重大工程背景的支持。课程具有非常强的“工程性”特点。

课程教学过程中注意结合工程背景中讲授课程内容。如在介绍燃烧不稳定的内容时, 指出其明显受到阿波罗登月和阿丽安火箭两个项目的影响, 以帮助学生形成“火箭推进与工程项目密切相关”的印象。

另外, 有意突出工程项目对课程内容取舍的影响。如介绍推进剂时突出新型无毒推进剂, 介绍推力室冷却时突出再出冷却却并强调发汗冷却, 而分级燃烧循环也因为我国的技术进展而受到关注。

有意识地突出实际航天活动及工程项目对课程的影响, 有助于培养学生的工程意识, 使得他们形成“解决问题”的意识与冲动, 以更加“务实”的态度对待课程内容的学习。

(三) 课堂教学及课后作业强调“从实际出发”, 引导学生提高学生分析实际问题的能力

讲授课程内容时, 注意通过有实际背景的火箭推进过程的实例分析, 在加深学生对理论的理解, 培养他们结合实际条件思考分析问题的能力。如在分析实际喷管性能时, 注意介绍喷管实际结构、边界层流动、多相流及非平衡等因素对喷管性能造成的损失。分析卫星发射对推进系统能力的要求时, 考虑发射场条件、大气影响、推力偏差等因素的影响。

同时, 课堂练习特意采用取材于实际的航天活动或者试验研究的实例, 以提高学生分析解决实际问题的能力。如通过实际发动机的再生冷却过程分析, 让学生理解综合利用传热、流动知识进行型号发动机的冷却设计过程。课后作业也大部分需要考虑实际条件及真实系统的影响, 强调提高解决实际问题的能力。

在主要课程内容讲授结束时, 提出了大量综合性较强的大作业, 由学生根据兴趣选做。通过完成大作业, 学生对所学知识有了系统的了解, 对作业相关的内容达到了精通过掌握的程度。同时, 大大提高了综合应用课程知识对推进系统进行设计或分析的能力, 激发了进一步参与推进系统工作的热情。

四、结束语

通过认真把握《火箭推进原理》的课程特点, 正确确定教学目标, 选择合理的教学方法与技巧组织教学活动, 不但完成了大纲规定的教学内容, 而且比较好地帮助学生明确了学习目的, 提高了综合运用基础学科知识的能力, 培养了良好的工程意识, 形成了在实际条件下应用理论的思想方法, 并且能够将实际的课程学习与远大志向结合。总的来看, 教学效果得到了大大强化。

(责任编辑: 胡志刚)