

# “导弹制导与控制原理”教学改革与实践

叶继坤, 雷虎民, 李 炯, 胡小江

(空军工程大学 防空反导学院, 陕西 西安 710051)

**摘要:**“导弹制导与控制原理”是一门集理论性、工程性和系统性较强的课程,也是培养地空导弹专业技术人才的重要基础课程。作为陕西省级专业综合改革的重点课程,针对当前教学中教材内容与人才培养目标结合不紧密、教学方法传统、教学手段不够先进等问题,为进一步提升教学效果,本文分析了课程教学的现状,结合作战部队对人才能力素质的需求,调整优化教材内容组织结构,探索翻转课堂模式,改进传统教学方法,丰富教学手段,强化实验和实装教学等。实践表明,通过教学改革,较好地调动了学员的积极性,大大改善了学员的学习效果。

**关键词:** 教学方法; 教学改革; 学生; 教学模式; 导弹

**中图分类号:** G642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8874(2017)01-0098-05

## The Teaching Reform and Practice of “Theory of Guidance and Control for Missiles”

YE Ji-kun, LEI Hu-min, LI Jiong, HU Xiao-jiang

(Air-defense College, Air Force Engineer University, Xi'an 710051, China)

**Abstract:** Theory of Guidance and Control for Missiles is the course which has the properties of theory, engineering and system, and it is an important basic course to train professional technical personnel of the ground-to-air missile. As the focus of the comprehensive reform of Shaanxi provincial professional courses, in view of the problems of current teaching material content not closely combined with training objectives, teaching methods being traditional, and teaching means being not advanced, and so on. In order to enhance the teaching effect, this paper analyzes the present condition of course. Combining with promoting the ability and quality demand of combat troops, we adjust and optimize the new teaching material contents of organizational structure, and attempt the flipped classroom, and improve the traditional teaching methods, enrich the teaching means, so as to increase the practice of experimental and practical teaching. Practice shows that the teaching reform inspires the enthusiasm of the students, and greatly improves the students' learning effect.

**Key words:** teaching methods; teaching reform; student; teaching mode; missile

导弹制导与控制原理是导弹测控工程专业的 一门核心主干课程,也是学员由基础知识向专业

收稿日期: 2016-09-03

基金项目: 2014年陕西省本科院校专业综合改革的省级精品资源课程([2014]7); 空军工程大学重点建设课程; 国家自然科学基金(61573374); 航空科学基金(20150196006)

作者简介: 叶继坤(1984-),男,山东阳谷人。空军工程大学防空反导学院讲师,博士,主要从事飞行器制导控制和飞行器教学方法研究。

知识过渡的一门课程,在人才培养实施的过程中,该课程担负着承上启下的作用,对学员未来从事地空导弹武器装备保障工作极为重要。为了更好地培养地空导弹专业技术人才,使学员达到知识、能力和素质协调发展的目标,充分体现军校人才培养特色,必须制定合理的教学目标,进一步优化课程的教学内容,改进现有教学方法,使学员能够运用所学知识分析和解决与本专业相关武器装备中导弹制导控制系统的实际问题。

## 一、课程现状与存在问题

随着科学技术的进步,武器装备更新换代较快,作战部队对军事防空人才的能力素质有了新的要求,这就倒逼军事院校必须调整专业技术人才培养目标,更新教学内容,保证院校人才的培养与部队人才的使用更好的对接,以适应未来防空需要。目前,导弹制导与控制原理课程涵盖了导弹从发射到与目标遭遇之间的动作行为。包括导弹运动数学模型、导引飞行弹道、三种制导体制以及惯性导航等内容,课程学习过程中,不但要讲解制导控制原理的基本概念、基本理论和基本方法,而且要结合国内外武器装备实际,进一步加深学员对于课程知识的理解。当前该课程安排60学时(其中8个学时为实验课),教学内容不断增加与课程偏少的矛盾日益突出,教员必须有选择的对教学内容讲解。同时,过去上课对制导控制原理知识过分浓缩,从制导控制的基本概念、基本原理等内容延伸到控制律和制导律的设计,忽略了学院培养学员的目标是武器装备的保障人员,而非设计人员,这样一方面加大了对于基础课程知识的需求,增加了内容难度;另一方面过多的基础理论使得教学内容与武器装备实际结合紧密度下降。

科技的发展使得导弹的制导控制技术突飞猛进,新装备新技术层出不穷,现有教材内容已经不能满足培养现代化军事防空人才总目标的要求,迫切需要更新教材内容,增加与前沿武器装备结合紧密的制导控制内容,同时进一步优化内容组织结构,使教学内容和培养目标相吻合。另外,传统课堂教学主要是以教员讲授为主,忽视真正的教学应该是以学生学习为主体,培养学生的学习能力。尤其在信息化技术高速发展的今天,学员通过电脑、手机、网络等现代化手段获取知识

渠道较多,无论互联网还是部分学校的校园网,都有大量的课程资源,这些均为学员提前预习和自主学习提供了良好的基础,必须充分利用现有信息化资源,分析当前学员的学习特点,改变传统教学思路和教学方法,才能更好地培养学员能力素质,为部队输送高质量防空人才。

## 二、深化教学内容和教学模式改革,突出学员学习主体地位

为更好培养地面防空技术人才,突出教学重点,使学员具备分析问题、解决问题的能力,必须重新规划教材内容,以适应新形势下军队改革对学员的能力素质要求,我们主要从优化教材内容,改进教学方法和教学手段、设计教学实验,对导弹制导控制原理进行了课程改革。

### (一)突出新武器装备教学内容,调整优化基础理论知识

课程的教学内容是决定教学质量高低的重要环节,也是实现学员培养目标的关键,合理的编排教学内容是提高教学质量的重要前提<sup>[1]</sup>。教学内容的编排一方面要紧扣部队发展实际,符合新时期军队改革对人才培养的需要;另一方面,通过教学内容的学习,为学员装备理论学习和实践操作提供支撑。为此,对《导弹制导与控制原理》进行了改版,重新调整了教材内容和架构,对内容中的具体知识点进行完善和补充,对于导弹基础理论知识内容进一步强化,加强学员对于武器系统整体的认识。

对于导弹制导中的飞行导引弹道,结合地空导弹部队对岗位人才培养需求,加强了不同导引方法对理论弹道的特性分析,简化了以往的公式推导,结合国内外防空武器装备的特点,有针对性地对弹道进行分析,加强学员对弹道过载、弹目视线角速率、禁区等概念的认识和理解。鉴于许多导弹采用的制导律都是基于经典制导律进行的改进,新版教材对原有内容进行了拓展补充,增加了比例导引律的改进型,如扩展比例导引律、修正比例导引律以及偏置比例导引律等;在三点法制导律中详细介绍了小高度三点法,并对小高度三点法的优缺点进行总结归纳,阐述改进三点法在实装中的必要性。

针对导弹的执行机构不同,有电动舵机、液压舵机等等,在制导方法讲解完成后,增加了导

弹控制系统原理介绍,对于目前导弹中常用的控制系统和控制方法进行了介绍,在完整介绍弹体环节特点之后,增加了稳定控制系统内容,详细描述了当前应用最多的气动力控制、直接力控制以及推力矢量控制,最后对经典的导弹控制方法进行补充。这样使学员在了解导弹控制原理的基础上,加深对于控制系统和控制方法的理解和认识,补充当前空中拦截武器常用的最新型控制技术——推力矢量控制,开阔学员视野,增长对最新前沿控制理论的了解,为学员从事地空导弹维护、保障等奠定理论基础。

为进一步贴近部队实际,瞄准当前装备发展状况,优化调整了遥控制导和寻的制导内容,结合不同的制导体制所对应的国内外武器装备型号,介绍不同制导体制的优缺点。同时增加了相控阵雷达对目标测量、常用导航系统和导航原理等,考虑到目前导弹制导主要采用复合制导,将复合制导作为专门章节进行安排,从复合制导的基本原理出发,详细描述了复合制导中最为常用的串联复合制导和多模复合制导,秉承从原理到结构,再到具体技术的思路,为学员展现导弹复合制导的初始应用情况,当前发展状况以及未来发展趋势。通过将制导控制原理与实际兵器结合讲解,使学员更容易接受一些复杂理论,进一步激发学员兴趣,更加有利于学员创新意识和创新能力的培养。

## (二) 充分利用信息化手段, 试验性开展翻转课堂教学

信息化技术的发展极大地改善了现有教学环境,互联网和大学校园网拥有丰富的教学资源,这些都为学员提供了良好的自主学习环境。教学团队通过两年努力,将导弹制导控制原理打造为大学重点建设课程,制作了完整的教学视频、整理了教学配套辅导资料(电子版),开发了教学专用软件等等,这些资源全部放在大学校园网,为学员自学、讨论等提供了良好的平台。为更好的调整课堂内外时间,将学习的主动权从教师转移给学生,充分发挥学员学习的主动性,教学团队选取部分教学内容,试验性的开展翻转课堂进行教学。

通过大学校园网精品资源课网络平台,学员利用业余时间可在线预习教学内容,查找课程内容相关知识,通过课程开设的网络论坛交流区,提出自己学习中遇到的疑问,学员可相互交流,

同时教员利用固定时间在线答疑辅导,通过信息化手段进一步促进教学效果提升。比如,在红外点源寻的制导教学中,学员通过课下对该部分内容预习,提出自己学习中的疑问,教员针对学员提出的疑问提前梳理,发现难点主要集中在如何利用调制盘确定目标位置,也就是像点在调制盘上不同位置时输出电信号波形变化情况。针对这一难点,将学员分为3个小组,每组5人,各组拥有一个圆形学习桌,这种教学场景更加方便学员讨论交流。为更好的展示导引头中调制盘的工作过程,教学团队提前采用3D打印技术制作多套调制盘教具。教学中,教员组织每个小组中一名学员操作调制盘的转动,另一名学员利用发光设备照射调制盘,另外三名学员测量并记录通过调制盘的信号强度,通过这种方式让学员直接感受调制盘转动对透射信号的影响。教员针对调制盘透射信号强弱变化,引导学员总结归纳信号变化与调制盘转动位置关系,进而有重点的进行理论讲解,使学员对于红外调制盘的信号输出有着更为直接的认识和理解。采用这样的教学方式,激发了学员学习兴趣、调动了学员学习的主动性,使得传统以教员讲为主体转变为学员以学为主体,将课堂时间主要用来解决学员的疑惑和难点,大大提高了教学效率。

针对翻转课堂的教学方式,教学团队进行了初步探索和尝试,考虑到导弹制导与控制原理在两个期班同时开课,针对相同的教学内容,教学团队分别采用翻转课堂和传统教学授课,比较两个期班对于相同知识点的理解和掌握情况,结果表明,采用翻转课堂教学的期班,学员学习热情较高,对于知识点的理解和掌握程度远远高于传统教学的期班学员,这从另一方面说明,只有充分调动学员的学习主动性,才能更好地提升教学效果。

## (三) 引入先进教学方法, 增强学员主体地位, 提升课堂学习效率

面对导弹制导与控制原理课程内容较多而课时偏少的情况,原有教学方法老套和教学手段单一等问题,无法满足学员对导弹制导控制知识掌握和思考能力提高的需求,以教材编写组人员为主,积极开展教学方法研究,充分运用信息化的教学手段,教学团队研究制定每堂课的学习目标,实施步骤以及学习效果评价方法等,最大限度地提高学员的学习效率。

为充分调动学员在学习中的主动性和创造性,进一步发挥学员学为主体的地位,引入思维导图,在课堂教学过程中,充分发挥启发式、问题驱动<sup>[2]</sup>、问题链式、案例式等教学方法,根据每节课内容特点,确定重点和难点问题,采用教学精讲、学员主讲、专题研讨等方式学习不同教学内容。以导弹运动方程为例,涉及导弹的飞行力学、结构力学、空气动力学等知识,需要高等数学中微积分、物理学中压强计算等基础知识,课前教员布置好预习内容和基础知识复习,在课堂中以教员精讲为主,坚持“教学思路明确,重点内容突出”的原则,在课堂开始之前,教学明确讲解本节课的思维导图,通过思维导图让学员初步了解本节课的教学思路,保证教学思路是一条主线,随着课堂的讲解,引导学员思路按照思维导图进行,时刻提醒学员当前知识点是如何引入和展开,又是如何为下一知识点做铺垫的。针对课堂中导弹的力学环境等重点内容,要突出升力、阻力、以及重力对导弹飞行的影响,结合动画和视频演示加深学员对于导弹力学环境的认识和理解,通过问题链式教学法,不断启发学员以往所学知识,引导学员思考力矩计算方法,进而对导弹的俯仰力矩、偏航力矩和滚转力矩等推导计算,通过教员启发学员思考,共同完成课堂重点内容的学习,加深学员对课堂重点内容的理解。教学中思维导图可时刻提示学员本节课的教学思路和知识点所处位置,这种以学生为主体的教学思路可以很好地突破课堂重难点内容。

针对教学中与实装结合较为紧密的理论知识,一部分采用学员主讲模式,比如在无线电寻的制导部分,教员会提前布置课余时间需要查阅的国内外经典导弹以及导弹在实战中的应用,通过提前分组,学员对主动式无线电寻的制导、半主动式无线电寻的制导以及被动式无线电寻的制导三种方式分别收集资料,准备课堂需要素材。在课堂上,每组出一个代表,负责讲解三种制导方式的工作原理以及在导弹中的应用,同时要讲解导弹在实战中取得过的战绩,这样一方面加深学员对于导弹制导方式的认知,同时激发学员学习的兴趣,提高教学效果。在课堂最后,教员组织三组学员对比三种制导方式的特点,引导大家总结出主动式、半主动式以及被动式在导弹的构造、成本、作用距离以及隐蔽性等方面的优缺点。这样通过学员主讲,教员引导总结的教学方法能够

更好地促进学员自主学习能力的提高,同时也可锻炼学员表达能力、语言组织能力以及逻辑思维能力,可有效提升学员的综合能力。

针对不同的教学内容,通过教员精讲和学员主讲、案例研讨等方式,对传统“填鸭式”教学模式进行改革,使传统教学中教员为中心的教为主体变为学员为中心的学为主体,能够更有效地提升教学效率,激发学员学习兴趣,更好地培养学员的综合能力。

#### (四) 开发配套教学软件,增加实验和实装场景教学,提升教学效果

随着科学技术的进步,教员可以选择的教学工具越来越丰富,传统以教材和黑板为主体的教学场景也在不断发生变化,多媒体设备的出现和3D打印技术在教育领域的应用可有效提升教学效率<sup>[3-4]</sup>。针对教学中重点以及难点问题,通过将知识点打碎,结合3D动画演示、Flash制作、实装视频制作等将抽象知识形象化,更加有利于学员理解、消化和吸收。比如,在第二章导弹运动数学模型中,坐标系的转换较为抽象,坐标系从一个坐标轴到另一个坐标轴的旋转使学员容易混淆,空间角度变化通过思考很难想象,教学团队采用3D打印技术,制作了坐标旋转可操作教具,并结合Flash制作坐标系沿着坐标轴旋转的过程,结合教具和动画可以更加直观的帮助学员理解坐标系旋转的过程,帮助学员建立坐标系旋转的空间思维,这对于提升教学效果较为明显。

在教学实施过程中,导引方法是整门课程的难点内容,为突破这一难点,教学团队开发的“导弹制导方法仿真系统”这一软件平台。首先教员在课堂上精讲制导方法的导引方程,分析制导方法的弹道特性,通过理论比较不同制导方法的优缺点。然后,开展实验课堂,实验主要以验证性实验为主,使学员通过设置不同初始参数来对比分析不同制导方法的弹道曲线、制导精度、过载变化等等,通过实验,让学员总结不同制导规律的优缺点,进一步强化对于理论知识的理解。对于控制算法内容,结合实验室开发的“导弹制导控制算法通用仿真平台”,可以验证不同控制算法的控制效果,同时实验室研究设计了一套半实物仿真系统,学员在验证控制算法的同时,也可以将自己设计的控制算法进行加载验证,这样使得验证性实验和设计性实验相结合,进一步提升学员的实验兴趣。有些知识点能够在实际装备中

展示,通过前期录制视频,剪辑编辑处理后在课堂给学员以展示,可以直观的帮助学员理解课堂中知识点。当教学中制导控制原理涉及导弹内部结构时,带领学员到实装场地,结合解剖的导弹弹体,现场讲解设备工作原理以及信号流程等。这样通过实验和实装讲解的方法可以进一步巩固理论学习的内容,加深学员对于难点知识的理解,也显著地提高了教学效果,可以达到预期的教学目标。

### 三、结语

随着科学技术的进步,新的制导控制技术蓬勃发展,地空导弹武器装备更新换代,军队改革发展呼唤新型军事人才,必须对现有课程内容、教学模式、教学手段不断改革,才能满足军事发展对人才的要求,才能完成新时期地空导弹人才的培养目标,教学团队针对当前形式,对导弹制导与控制原理教学进行了改革和尝试,取得了较好的教学效果。虽然对教学内容进行优化调整,在教学方法和教学手段进行了改革提升,但随着信息化教学的不断深入,信息化手段也在不断促进现代教学模式和方法的改变,下一步,教学团队将针对教学中重点以及难点问题,进一步丰富

教学资源,完善大学课程建设网站,使学员有充足的时间线下学习,也可以通过网络课程反复巩固制导控制原理中难点;在课堂教学过程中,计划引入“雨课堂”,通过终端设备实时掌握学员学习状况,更加方便了解学员对于知识点掌握情况,以此为依据,教员改进教学方法,反向促进教学质量提升。教员只有瞄准人才培养目标,不断优化教学内容,改革教学方法和教学模式,丰富教学手段,才能更好地培养学生分析问题、解决问题的能力,才能为地空导弹部队输出更多优秀技术人才,应对未来军事威胁的需要。

### 参考文献:

- [1] 王振国. 本科院校《常微分方程》课程的教学改革与实践[J]. 教育理论与实践[J]. 2015(2):56-57.
- [2] 罗锦,魏保华,李柯,等. 新型导弹装备教学能力建设与实现途径[J]. 教育教学论坛,2014(39):28-29.
- [3] 周章文,姚东野,杨竹芳. 飞行器动力工程专业航空材料学教学改革与实践[J]. 高等教育研究学报[J]. 2012(3):98-99.
- [4] 胡庆军,王炯琦. 导弹武器射程评估的多因素正交试验设计方法[J]大学数学,2015(2):66-71.

(责任编辑:陈勇)

(上接第89页)

- [2] 刘向东,刘旭,刘玉玲. 从高等教育的发展到光学工程专业研究型人才培养方案再调整的思考[J]. 光学技术,2007(S1):276-277.
- [3] 徐送宁,岱钦,黄月,等. 基于光电产业需求的光电信息科学与工程专业的改革与实践[J]. 高教学刊,2016(3):232-233.
- [4] 张海明,尚可可,高贵,等. 地方高校工程应用型光电信息科学与工程专业的探索与实践[J]. 物理与工程,2015(2):89-92.
- [5] 郑晓东,刘旭,刘向东,等. 光电信息工程专业课程设置与工业人才职业需求匹配度的研究[J]. 光学技术,2009(增刊):196-198.

- [6] 徐送宁,岱钦,黄月,等. 基于光电产业需求的光电信息科学与工程专业的改革与实践[J]. 高教学刊,2016(3):232-233.
- [7] 张海明,尚可可,高贵,等. 地方高校工程应用型光电信息科学与工程专业的探索与实践[J]. 物理与工程,2015(2):89-92.
- [8] 张红霞,蔡怀宇,郁道银. 光电信息工程专业课程体系调整的探索[C]//2006-2010年教育部高等学校光电信息科学与工程专业教学指导分委员会及协作委员会2010年全体会议论文集. 北京:中国光学学会,2010:1-3.

(责任编辑:胡志刚)