

基于“理实融合赛训强能”理念的教学创新与实践 ——以《飞控系统设计与应用》课程为例

祁亚辉 刘鲁钰 秦亮

海军航空大学

摘要:《飞控系统设计与应用》作为控制科学与工程学科硕士研究生的学科拓展课程,旨在构建研究生无人机飞控系统知识体系、提升工程实践能力与科研创新素养。针对传统教学中前沿装备知识支撑不足、理论向实践转化薄弱、科研创新能力培养单一等突出问题,课程团队创新提出“聚焦无人、理实融合、赛训强能”教学理念,构建“四维融合”教学内容体系、“四措并举”教学模式与“四阶递进”科研创新体系,实现前沿知识构建、实践能力培养与科研创新素养培育的有机统一。教学实践表明,该创新方法显著提高了学生的知识运用能力和创新实践能力:全国性无人机类科技竞赛获奖率提升60%,相关科研成果获海军通报表扬,为军事院校相关学科课程改革提供了有益借鉴。

关键词:研究生教学;教学创新;理实融合;科研素养

引言

在信息化与智能化战争加速演进的当下,无人装备已成为重塑作战模式、提升战场效能的核心新型作战力量,具备飞控系统设计与应用能力的高层次技术人才,已成为国防科技发展与军队现代化建设的迫切需求^[1-2]。《飞控系统设计与应用》作为控制科学与工程学科硕士研究生的学科拓展课程,以小型无人机飞控系统为研究载体,系统涵盖小型无人机概述、硬件系统设计、软件系统设计、算法设计和综合实践五大核心模块,承担着构建研究生专业知识体系、提升工程实践能力、培育科研创新素养的重要使命。

近年来,国家层面高度重视高等教育内涵式发展与高层次人才培养质量提升,《教育部关于深化研究生教育改革的意见》^[3]明确提出要强化研究生实践创新能力培养,推动产教融合、科教融汇。为落实立德树人根本任务,培养德才兼备的高素质、专业化新型军事人才,课程教学团队以研究生成长为中心,开展系统性、深层次教学改革,持续更新教学理念,完善课程体系。经过多年的探索积累与迭代优化,将课程核心内容与科技竞赛、科研项目深度融合,创新推行项目式教学模式,逐步构建起“教学内容改革、教学模式创新、创新平台实践”三维一体的教学体系,实现了研究生科研素养、创新思维与解决实际问题能力的综合提升,为服务国防科技发展与军队备战打仗需

求提供了坚实的人才支撑。

一、课程教学现状与难点分析

本课程面向控制学科三年制硕士研究生,开设于第一学期,是构建无人系统专业能力的关键课程。通过对多个班次学生的课堂表现、课后反馈及能力测评的系统分析,结合教学复盘,发现《飞控系统设计与应用》课程在学情适配与教学实施两个层面存在明显问题。

从学生角度来看,选课研究生在三个方面存在能力与需求不匹配的问题。首先,知识储备与前沿需求脱节,选课研究生虽具备控制理论、编程基础等传统专业知识和技能,但对无人装备领域的双目相机、激光雷达等新型硬件设备,以及多机编队控制、视觉导航等前沿科学技术认知不足,难以满足新型无人装备研发与应用的需求;再者,理论转化实践的能力不足,多数学生能够理解课程的核心原理,但在实践过程中面对硬件连线调试、软件架构搭建、算法仿真验证等问题时,缺乏将理论知识转化为解决方案的实操能力,存在“懂理论、不会应用”的现象^[4];最后,科研创新能力薄弱,日常参与科研项目、技术攻关的机会有限,学生在面对复杂问题时,缺乏创新思维与攻坚克难的毅力,难以突破技术难关。

从教学实施来看,传统课程教学模式难以有效解决上述学情问题,主要存在三大核心短板:一是教学

作者简介:祁亚辉(1987—),男,博士,讲师,研究方向为飞行器编队控制科研教学。

刘鲁钰(1995—),女,硕士,讲师,研究方向为飞行器控制科研教学。

通讯作者:秦亮(1984—),男,博士,副教授,研究方向为无人系统协同控制。

内容与实战需求脱节,课程内容仍以经典飞行器模型、通用控制理论为主,对军队新型无人装备的技术特性、作战应用场景覆盖不足,无法建立理论知识与备战打仗需求的有效关联,导致教学内容针对性不强;二是教学模式制约能力培养,课程以课堂理论讲授为核心,实践教学环节占比低、形式单一,仅通过简单实验验证理论,缺乏从“方案设计—仿真优化—真机部署”的全流程实践训练,难以支撑研究生实践能力的系统性提升,导致教学过程实践性不足;三是创新培养平台单一,课程仅 18 学时,课堂教学时间有限,且缺乏课堂之外的持续性实践载体,研究生的科研创新训练多为碎片化开展,难以形成“基础训练—进阶实践—创新突破”的能力培养链条,导致教学效果创新性不够。

二、教学创新设计与实施

针对课程教学存在的问题,团队创新提出“聚焦无人、理实融合、赛训强能”教学理念,构建“三维一体”教学创新体系,实现知识传授、能力培养与素质培育的协同推进,如图 1 所示。

(一)“四维融合”教学内容体系构建

紧扣教育强国建设对高层次人才的核心要求,立足学科特色及人才培养需求,构建“学前沿、强实验、重运用、树品德”四维融合的教学内容生态,实现知识传授、技能锤炼、实践转化与价值引领的有机统一。

“学前沿”聚焦技术变革与实战需求,构建动态更新的知识体系。课程内容紧跟无人装备领域技术迭代趋势,系统覆盖飞控系统核心技术与新型应用,在硬件层面既包含飞控、IMU、电机、电调等基础部件

的相关内容,也纳入双目相机、激光雷达、光电吊舱等新型传感设备的原理与使用;在软件层面涵盖飞控软件架构、通信协议制定、ROS 机器人操作系统以及程序设计等核心内容;在算法层面既包含导航控制、制导律等基础算法,又融合多机编队控制等相关研究热点。通过建立教学内容结合前沿知识动态更新的机制,确保学生能够及时掌握领域内关键技术的发展趋势,筑牢知识根基。

“强实验”立足理实一体理念,设计具有强针对性的实践技能训练体系。构建从基础验证实验到综合实操项目的阶梯式实验内容,实现理论知识与实践操作的深度耦合^[5]。硬件实验聚焦组网模块的连线调试,培养学生实操与故障排查的能力;软件实验以无人机起飞、定点悬停等核心功能实现为目标,强化程序设计与调试技能;算法实验通过互补滤波器航姿解算等典型任务,引导学生验证理论原理、优化技术参数、实现目标任务。实验教学过程中注重创设真实工程情境,让学生在具体任务中积累实践经验,提升应对复杂问题的实践应对力。

“重运用”以实际项目为载体,搭建知识转化与能力提升平台。依托军队装备预研项目、科技竞赛任务等实际项目,设置综合实操项目,引导学生完成“算法设计—软件实现—仿真验证—真机部署”的全流程实践活动。在项目实施中,学生能够整合硬件技术、软件编程、算法优化等多领域知识,将课堂所学转化为解决问题的方案,同时培养团队协作、项目管理等综合能力。通过项目驱动到成果转化的闭环设计,推动学生完成从知识学习者向实践应用者的转变,实现



图 1 教学设计与创新举措

教育成果向实际效能的转化。

“树品德”深度融入课程思政元素,构建价值引领与素质培育体系。结合科研攻关与军事装备研发的特殊需求,将品德培育贯穿教学全过程。面对复杂技术难题,引导研究生敢于攻坚克难,锤炼坚韧不拔的拼搏精神;通过数据统计分析、不同算法优劣对比等教学环节,强调学术诚信,培育严谨求实的学术品格;依托装备技术攻关、国防科技服务等实践场景,强化学生科技强军的使命担当与家国情怀。通过知识传授与价值引领的协同推进,实现专业能力与人文素养的同步提升,培养既懂技术又有担当的军事人才。

(二)“四措并举”教学模式创新

针对传统教学中理论与实践脱节、教学手段单一等问题,创新构建“项目驱动、理实融合、虚实结合、AI赋能”四措并举的教学模式,打破课堂与实践场域的壁垒,实现教学过程与科研实践、军事需求的精准对接,全方位提升研究生的知识应用能力与创新实践水平。

项目驱动教学以真实任务为牵引,锚定能力培养目标。课程以全国性无人机类科技竞赛项目、军队无人装备预研项目、实战化演练演训任务为核心驱动载体,将教学目标拆解为具体的项目任务模块,如无人机自主飞行控制、视觉制导系统开发等。学生在完成项目的过程中,需自主规划技术路线、整合软硬件资源、解决实际技术难题,在完成项目目标的过程中掌握理论知识和实践技能,还能强化问题意识与创新思维。这种教学模式度课程教学与科技实践进行了有效衔接,使研究生提前适应科研工作与学术研究的节奏,为后续参与复杂技术攻关奠定基础。

理实融合教学以资源整合为支撑,破解理论转化难题。充分依托俱乐部、实验室等优质教学资源,构建从理论讲解到实践演示,再到自主实操的教学环节,打通理论知识到实践操作的转化通道。例如,在讲解双目相机硬件功能时,先从理论层面剖析基于SLAM的视觉定位算法原理,明确技术核心与应用逻辑;再通过实物展示、可视化数据输出等方式进行功能演示,让抽象理论具象化;最后引导学生自主搭建硬件平台、调试参数,在实操中验证理论、发现问题,使理论学习与实践验证形成闭环,切实提升学生将理论知识转化为实践技能的能力。

虚实结合教学以安全高效为原则,优化实践教学流程。考虑到小型四旋翼无人机真机实验存在高风险、效率低下的问题,采用“仿真先行、真机验证”的递进式实践路径,平衡教学安全与实践效率。在多机编

队综合设计等复杂实验中,先通过软件在环仿真构建仿真环境,学生可在仿真环境中调试算法参数、优化控制逻辑,排查技术漏洞;当仿真结果达到预期目标后,再开展真机实飞实验。这种教学模式既降低了真机实验的风险与成本,又为学生提供了反复试错、持续改进的机会,帮助其在实践中深化对飞控系统运行规律的认知,提升技术方案的可行性与稳定性。

AI赋能教学以技术提质为导向,释放教学效能。针对课程实践中软件编程耗时久、调试难度大等问题,引入人工智能工具辅助教学,重构编程教学环节。利用AI工具完成初步代码编写、程序语法纠错等基础性工作,大幅节约学生时间成本,使其聚焦于飞控系统核心功能实现上,如自主飞行算法优化、多设备协同控制逻辑设计等关键问题。同时,通过AI生成的代码解析与调试建议,帮助其理解编程思路与技术要点,提升代码优化与问题解决能力。AI技术的融入不仅提升了实践教学效率,更引导学生学会运用先进技术辅助科研创新,培养其适应数智时代的技术应用能力与创新思维。

(三)“四阶递进”科研创新体系建设

遵循认知规律与实践逻辑,构建包含“课堂、俱乐部、科技竞赛、演练演训”的四级递进式科研创新体系,打造从理论知识巩固到实践能力拓展、再到创新素养培育,最终实现科研成果向实际应用转化的完整培养路径,实现科研创新能力的持续提升,为创新型人才培养提供系统化支撑。

课堂作为教学体系的基础,立足于18学时的课堂教学,以项目驱动式学习方法为载体,将前沿科学技术与课程知识点深度融合。教学过程中,通过典型控制算法运用、基础实验操作等实践环节,引导学生掌握飞控系统软硬件设计思路与科研基本方法;还通过围绕双目相机应用、多机编队控制等前沿问题的研讨式学习模式,激发学生创新意识与自主学习意识,为后续科研创新活动筑牢理论与方法基础。

俱乐部作为教学体系的延伸层,承担课堂实践的拓展与深化功能。依托“飞行器智能控制俱乐部”“机器人控制与仿真俱乐部”等组织,整合各类优质资源,通过各类实操活动,拓展课堂实践的广度与深度,为研究生提供持续实践平台。鼓励学生建立学术讨论小组,围绕课程相关议题开展自主研究,形成从被动接受到主动探索的学习模式转变。同时也可培养学生团队协作能力,以及在团队协作中独立研究的能力。

科技竞赛作为教学体系的提升层,贯彻“以赛促学、以赛促创”思想,组织学生参与“中国机器人及

人工智能大赛”“智能无人系统应用挑战赛”等全国性高水平赛事，将课程所学以及俱乐部实践成果转化竞赛方案。赛事选题对接前沿科技问题与工程实际需求，面对真实工程场景中的瓶颈问题，通过创新设计和技术攻坚，锻炼解决复杂问题的能力，同时培养科研“亮剑”精神^[6]。依托各类赛事平台，学生还能接触行业前沿动态与同行优秀成果，拓宽学术视野，为后续科研创新积累实战经验。

演练演训作为教学体系的实战层，是体系中的最高阶段。选拔优秀研究生参与军队无人装备技术攻关、实战化演练演训等任务，将课堂理论、俱乐部实践、竞赛创新成果与真实军事场景相结合，围绕复杂环境下的飞控稳定性优化、多装备协同控制等无人装备实战应用中的核心技术难题进行攻关。通过实战化训练，推动研究生完成实验室研究到战场应用的跨越，强化其使命担当与实战能力。

三、教学创新成效

经过多次教学实践迭代升级，“聚焦无人、理实融合、赛训强能”教学创新体系在研究生培养、课程建设与经验推广等方面取得了显著成效。

学生创新实践能力与专业综合素养得到全面提升，有效破解传统教学中存在的学用脱节难题。多次在无人机类科技竞赛中获全国二等奖以上奖项，人均获奖1次以上，与课程改革前相比，竞赛获奖率提升60%左右；研究生参与研发的无人装备科研成果得到海军通报表扬，实现从课堂知识到战场应用的跨越。同时，通过项目实践与科研攻关，学生严谨求实的学术品格和科技强军的使命一是显著增强，获得用人单位的高度认可。

课程与平台建设成果突出，2023年课程获评“山东省研究生优质课程”，配套俱乐部于2024年晋升为大学级俱乐部并获优秀俱乐部荣誉，实验室获山东省高等学校实验室立项建设，形成课程、平台与团队协同发展的良好格局。衍生课程《飞行器编队控制与仿真》借鉴本课程教学理念与模式，于2024年同样获评“山东省研究生优质课程”，形成课程建设集群效应。

教学经验广泛推广，课程团队先后在南京大学、华东师范大学、山东大学等高校进行交流分享，相关方法被多所高校借鉴使用；2024年研究生团队在“新长江杯”智能无人系统大赛中获奖并在闭幕式作经验分享，被新华网江苏频道进行报道；2025年课程俱乐部获CCTV-7“大力推进科研创新增效育人工程”专题报道，彰显课程改革成效与社会影响力。

四、结论

《飞控系统设计与应用》课程立足学科特色及人才培养需求，针对传统教学过程中前沿装备知识支撑不足、理论知识难以实践能力转化、科研创新素养难以生成等问题，构建“聚焦无人、理实融合、赛训强能”教学体系，通过“四维融合”内容、“四措并举”模式与“四阶递进”科研创新体系的协同改革，有效破解了学用脱节的难题，显著提升了研究生系统设计能力与科研创新素养，相关成果在全国赛事及项目实践中得到验证。未来将进一步优化教学内容与平台，为军事人才培养及地方高校人才培养提供可行参考。

参考文献：

- [1] 袁鹏, 霍聪, 张树龙, 等. 无人装备创新实践俱乐部教学建设初探 [J]. 教育教学论坛, 2023(16):13-17.
- [2] 王伟, 王楠, 洪华杰, 等. “三训合一”教学理念下无人机技术与保障综合演练课程教学实践 [J]. 中国现代教育装备, 2025(19):87-90.
- [3] 教育部发展改革委财政部关于加快新时代研究生教育改革发展的意见 [J]. 中华人民共和国国务院公报, 2020(34):72-76.
- [4] 胡新, 张素兰, 段江丽. 数智时代面向创新实践能力培养的人机协同教学模式研究——以数据结构与算法为例 [J]. 科教文汇, 2025(22):124-128.
- [5] 潘芳, 韦丽婷, 潘荣. 教育强国背景下职教专业硕士研究生教学实践能力培养路径 [J]. 职业技术教育, 2025, 46(26):12-17.
- [6] 芦小龙. 研究生教学与科技创新竞赛的多维度融合研究 [J]. 教育教学论坛, 2025(38):13-16.