

面向综合能力提升的连通式实践教学体系构建

刘战合¹, 张伟伟², 罗明强³

(1. 郑州航空工业管理学院 航空工程学院, 河南 郑州 450046; 2. 西北工业大学 航空学院, 陕西 西安 710072; 3. 北京航空航天大学 航空科学与工程学院, 北京 100191)

摘要: 为改善本科实践教学现状, 实现专业教育、双创教育同向同行, 基于当前本科教学实际, 提出了实践教学与实践能力培养的相关度概念, 研究了实践教学体系的逻辑构架, 结合专业教育、双创教育需求构建了连通式实践教学内容, 以飞行器设计专业实践教学活动为例, 从三级培养连通、三维演化连通、三向能力连通出发, 提出了连通式实践教学策略。教学实践成果说明, 连通式实践教学体系是专业教育、双创教育与实践能力提高的重要途径。

关键词: 实践教学; 连通式; 专业教育; 双创教育; 学科竞赛

中图分类号: G642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8874(2021)01-0113-08

Construction of Connected Practical Teaching System to Improve Comprehensive Ability

LIU Zhan-he¹, ZHANG Wei-wei², LUO Ming-qiang³

(1. School of Aeronautic Engineering, Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou 450046, China;
2. School of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;
3. School of Aeronautic Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: In order to improve the current situation of undergraduate practical teaching and to coordinate professional education with innovation and entrepreneurship education, the conception of relevance between practical teaching and practical ability training was proposed based on the current undergraduate teaching status, and the logical framework of the practical teaching system was studied. The connected practical teaching content was constructed with the requirement of professional education and innovation and entrepreneurship education. With the example of practical teaching activities of aircraft design major, a connected practical teaching strategy was proposed with three-level training connection, three-dimension evolutionary connection, and three-direction ability connection. The practice teaching results indicate that the connected practice teaching system is an important way to improve professional education, innovation and entrepreneurship education and practical ability.

Key words: practice teaching; connection; professional education; innovation and entrepreneurship education; discipline competition

收稿日期: 2020-08-21

基金项目: 河南省高等教育教学改革研究与实践项目(2019SJGLX594); 河南省全省大中专院校就业创业课题(JYB2020235); 郑州航空工业管理学院教学改革研究与实践项目(2020-46)

作者简介: 刘战合(1977-), 男, 陕西富平人。郑州航空工业管理学院航空工程学院飞机设计系主任, 副教授, 博士, 主要从事飞行器设计、创新创业教育研究。

一、引言

实践教学是专业教育、创新创业教育(双创教育)的重要组成部分^[1-2],也是高校本科教育教学改革实践的重要内容。习近平总书记在2018年全国教育大会上指出,要立足中国,放眼世界,培养综合素质、创新思维和实践能力^[3]。为进一步提高实践教学和创新思维的培养水平,国务院、教育部多次出台文件重点关注高校实践教学体系改革,指出要“强化实践动手能力、合作能力、创新能力的培养”^[4]。实践成为高频次出现的关键词之一。高校本科教学过程中,多种实践教学模式孤立并行^[5-6],难以实现教学内容、教学方法、教学机制上的有效连通,不利于实践育人全面推进,也较难实现实践教学与专业教育、双创教育的同向同行。鉴于以上问题,我们从现有教育体系出发,研究了实践教学环节与实践能力培养的相

关度强弱关系和实践教学体系的逻辑构架。以此为基础,我们采用连通式思想构建了实践教学内容体系,并从三个方面提出了连通式教学实践策略,以实现实践教学与专业教学、双创教育的同向同行。

二、实践教学体系的逻辑构架

尽管在培养方案上开展了如大类培养、卓越计划、OBE(Outcomes-based Education)等诸多教学改革,但高校本科教育的基本构成依然相对不变,包含专业教育、双创教育、思政教育等。传统高等教育重点关注本科培养方案内的实践教学体系研究及改革,对培养方案外的实践教学体系尚未形成较为完善的教育理论和改革方法。实践能力提高与实践教学体系设置关系密切^[7-8],我们基于培养方案内、外的实践教学内容,构建了完整的本科实践教学体系与实践能力培养的相关度,如图1所示。

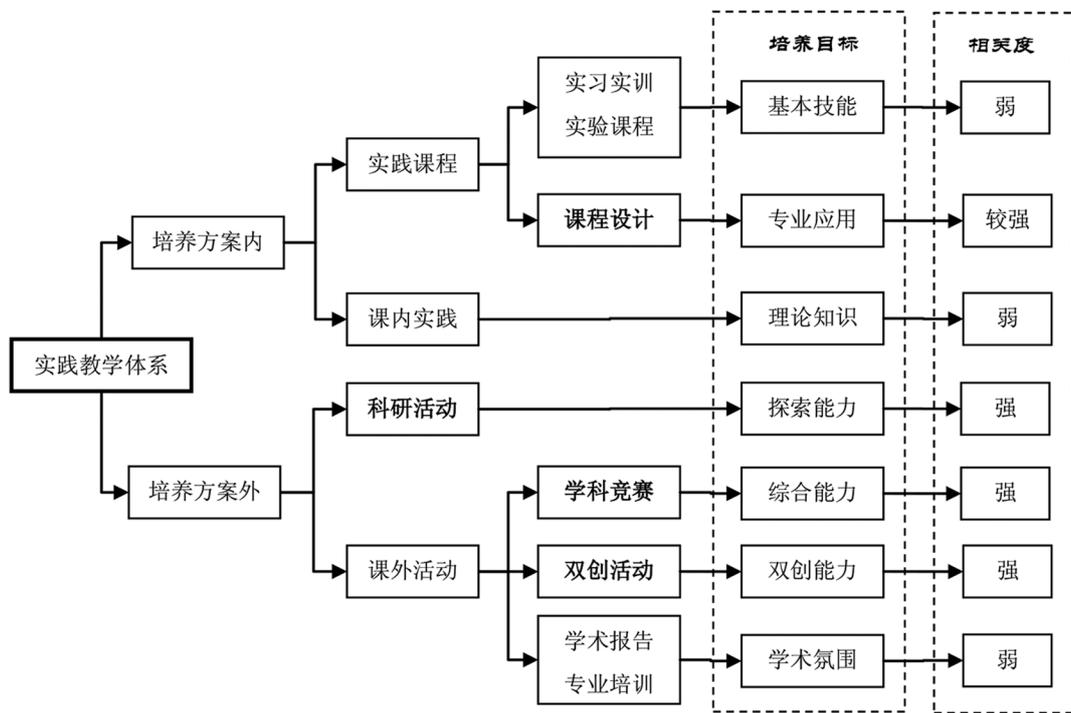


图1 实践培养体系与实践能力培养相关度示意图

培养方案内的实践教学体系主要包含实践课程、课内实践两部分。实践课程承担培养方案的主要实践教学内容,如实习实训、实验课程、课程设计等。实习实训以校内外实习基地为平台,分为认识实习、金工实习、专业实习、毕业实习等,内容相对固定,主要以专业知识普及、专业

技能提高为主,实践能力培养相关度较弱;实验课程与理论课程匹配,培养学生基本的专业分析、理论认识能力,实践能力培养相关度也较弱。课程设计相对独立,以专业知识的系统性研究和设计为主,如小型无人机制作实践等,分组建立学生研究团队,以某一科学问题或科学需求为主开

展设计、仿真、制作、试飞等研究, 提高学生专业知识能力, 具有明显的专业应用实践特征, 实践能力培养相关度较强。课内实践以巩固理论课程中重要理论或易混淆知识点为目标, 改善理论教学效果, 内容设计简单、周期较短, 由于开设理论课程的院系差距较大, 其指导内容和方法延续性较差, 专业实践能力培养相关度弱。

由图1可以看出, 实践教学体系除培养方案内, 还包含培养方案外。一般来看, 培养方案内实践教学体系各高校相似, 而培养方案外实践教学体系的探索和实践尚未形成系统性成果。针对这一问题, 结合二本院校高等教育现状和改革实际, 将培养方案外的实践教学体系分为科研活动、课外活动两种途径。科研活动围绕本专业及相关专业知识, 结合教师科研项目。例如, 飞行器设计中的关键问题, 以增升减阻、新概念气动布局、翼身融合、复合材料设计等为研究内容, 吸引本科学生早进团队。科学研究的核心是实践属性, 具有较高的探索要求, 与实践能力培养相关度密切。课外活动是本科教学的有益补充, 根据高校实际、类型、区域会有较大差距, 在双创教育、科教融合、赛教融合背景下, 这一实践教学环节有不同程度发展, 典型的课外活动一般包含学科竞赛^[9]、双创活动^[10]、学术报告及专业培训等。学科竞赛和双创活动是当前本科教育的重要内容, 也是教育部明确要求的重点发展方向。学科竞赛以学生为主体, 以知识综合应用为特征, 提高学生接触市场、专业运用、数据分析、沟通分享能

力, 其本质是知识的实践性。为营造积极向上的学术氛围, 结合学校专业发展和教学实际, 学术报告、专业培训、双创培训等可进一步开拓知识视野, 但由于参与被动性, 对实践能力的提高影响有限, 相关度较弱。

因此, 不同实践教学环节(如实习课程、课程设计、学科竞赛等)的实践培养目标和实践能力相关度并不相同, 且在高校本科教学中的重视程度和参与情况也有所差异。为进一步改善和提高实践能力的培养水平, 改变实践教学环节相互独立的现状, 我们从系统完整性思路出发, 提出了“连通式”教学改革思路, 协同共进地连接各实践教学环节, 以实践能力培养相关度强的课程设计、科研活动、学科竞赛、双创活动等教学环节为主, 以相关度较弱的实习课程、课内实践、学术报告等环节为辅, 结合实践教学内容、实践教学方法的连通式改革, 构建包含培养方案内外的完整实践教学体系。

三、连通式实践教学内容

从实践教学体系来看, 完整的实践教学内容应涵盖基础理论、专业理论及应用能力、探索能力等的培养。如果仅孤立改革某一教学环节, 对学生综合实践能力培养水平的提高将影响有限。基于实践教学的系统性、完整性、综合性, 将各实践环节根据相关度强弱连通成完整的实践教学体系, 并结合专业教育(以飞行器设计专业为例)、双创教育需求, 构建连通式实践教学内容, 如图2所示。

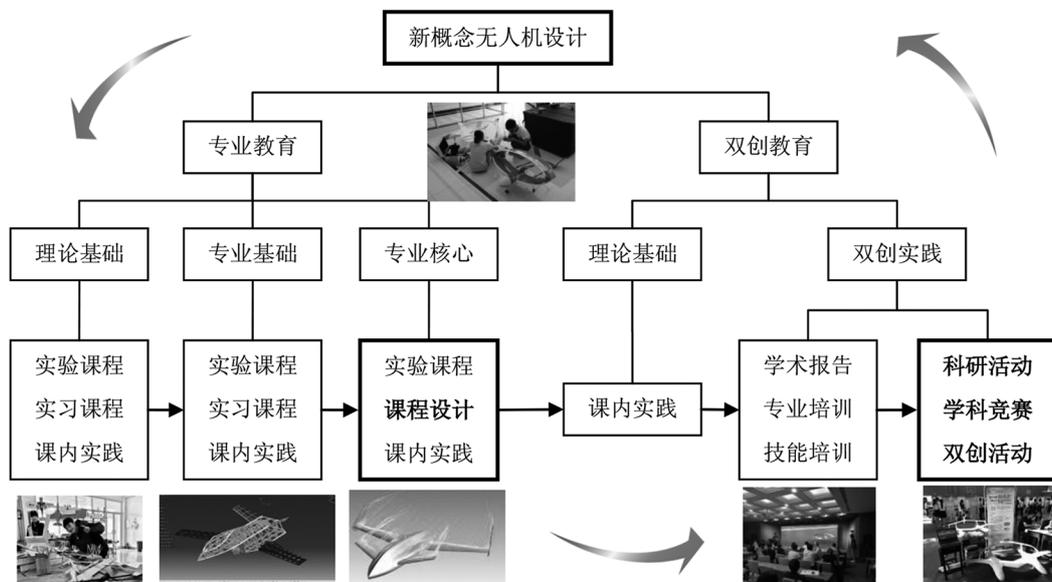


图2 连通实践教学内容示意图

飞行器设计对专业理论和应用能力均有较高要求,为提高实践教学水平,组建专业教师指导团队,根据阶段学习特点,对新概念无人机设计进行基础能力、基础实践能力、专业知识点、专业知识实践能力分拆,与相关课程老师合作沟通,参与学生理论基础课、专业基础课的实践教学,有针对性地培养学生的专业知识能力,如计算机编程、CAD建模、电子电路设计、力学性能分析与测试等相关技能,及早在学生实践学习中植入新概念无人机设计元素,提高基础实践能力培养的专业融入属性。飞行器设计专业以飞行器总体设计、小型无人机工程设计、飞行力学、空气动力学、飞行器结构与系统等专业课为核心,形成完整的专业知识内容体系。专业教师指导团队以所授专业课程为载体,将专业知识点分拆到课内实践及实验课程教学中,根据既定新概念无人机有目标有针对性地开展专业实践教学。例如,在飞行器总体设计中将无人机设计参数、总体布局、动力布置等主要内容融入实践,小型无人机设计更多考虑具体方案的系统设计、总体布局、制造工艺等。飞行力学强调无人机的稳定性、操作性等概念及具体应用技术,在空气动力学教授中引导学生采用 FLUENT、CATIA 软件完成气动特性仿真,综合提高学生专业实践能力,使学生通过专业核心课的实验课程、课内实践高效连通,对设计目标、设计参数、分析手段、试验技术等具备更清晰的认知。

以上实践教学环节多关注于课程、专业知识点领域,旨在通过新概念无人机设计引导,提高学生专业实践应用能力。为进一步提高学生的专业知识综合实践能力,我们对对应开设了飞行器总体设计课程设计、飞行器结构力学课程设计、小型无人机设计制作实践等课程。这部分实践课程聚焦专业远景、航空市场、兴趣爱好、航空时事等,由教师指导团队讨论协调,连通式制定完整的课程设计内容、要求、思路、方案及考核机制,通过过程参与、方案指导实现课程设计的实践教学,以学生团队为中心,更多尊重学生设计思路,培养科学素养、团队意识等。教师指导团队仅作为专业知识顾问参与指导,并在项目验收阶段以路演答辩、教师指导团队评定的方式给予学生团队评价。飞行器总体设计的课程设计由学生团队独立完成,重在培养学生对飞行器设计过程、参数预估与权衡、飞行性能快速仿真、空气动力学性能及结构强度参数分析、稳操性等专业知识点

的实践认识。飞行器结构力学课程设计结合飞行器结构要求,针对机身、机翼、尾翼、起落架等结构件的力学性能,学生团队可根据自身研究内容选择相应的性能分析软件或编程方法,身体力行理解飞行器结构力学的专业知识系统及在型号飞机设计、分析中的应用技术。与以上理论知识实践不同,小型无人机设计制作实践以专业核心课为基础,更关注学生的实践动手能力。以新概念无人机详细设计、结构设计、工艺制作、试飞验证等过程为中心,通过团队协作、分工、研究,成为学生参与度最高、成就感最强的课程设计之一。以上课程设计开展中,各有偏重点,共同完成系统的实践能力培养。新概念无人机或飞行器研究目标相对稳定,可保证科研项目的延续性。

教学和科研是高校的两个同向职能,围绕科研实验室、科研项目开展的各类科研活动,吸引学生尽早参与科研项目。通过飞行器关键科学问题研究和试验的持续锻炼,以本专业科学问题的发现、分析、试验为主要内容,提高学生对专业前沿问题、专业发展趋势、专业知识应用的实践能力,具有较长的研究周期和持续的研究投入。相比而言,理工类学科竞赛多以科技创新、科技小发明和科技新模式为主要内容,由学生自行组织、制定方案、设计制作、技术论证,与课程设计的新概念无人机、飞行器设计等内容相融合,专业教师参与指导,促进学生对专业知识的准确把握和实践。双创活动是双创教育和实践教学的融合点,面向航空监测、运输物流、灭火、水文资源勘测、黄河流域水域监测等市场技术要求,突破新颖的总体设计方案、应用关键技术,吸收管理工程、工业工程、财务会计等专业学生,通过项目计划完善、方案应用演化、关键技术推进、竞赛路演提高等培养学生的创新意识、创业精神,优化学生的跨专业知识实践能力。以上实践教学环节中,始终贯穿学生专业知识培养,将课程设计、专业知识、科研活动、学生竞赛、双创活动等有机融合,改善实践教学培养水平,构建连通式闭环实践能力培养体系。

四、连通式实践教学策略

科研活动是航空类专业实践教学的重要形式,考虑到以上连通式实践教学内容,以科研活动为核心,外延至课内实验、实验课程等,尤其是实践相关度较高的课程设计、双创活动、学科竞赛,

我们从以下三个角度构建了连通式实践培养策略。

(一) 通识—提升—创新, 三级培养连通

与专业教育、双创教育同步, 实践教学培养呈上升台阶式实施, 以飞行器设计专业实践培养为例, 将其分为三个层次: 通识、完善、创新, 如图 3 所示。通识性实践培养旨在为航空类专业所有学生普及基本专业知识: 总体设计、布局设计、结构设计、气动设计、控制系统及材料成型等。设计对象一般为常规布局飞行器, 如 P5A (如图 3 左所示) 等。飞行器创新实验室已形成完备的设计、制作、试飞流程, 与之相适应, 培养学生机械设计、画法几何、电子电路、建模设计、仿真分析等基础专业分析能力, 并使其具备较完整的专业基础知识。

提升性实践培养以通识性为基础, 兼顾学生团队的个人兴趣、科研方向, 设计目标较为复杂, 专业知识要求较高, 主要培养学生在专业基础知识、专业核心知识上的科学分析和应用能力, 使学生的气动外形设计仿真、结构力学二次开发、总体与结构的设计制造能力获得更大进步, 掌握与飞行器设计密切相关的 CATIA、CAD、UG、ANSYS、ICEM、FLUENT 等专业建模软件、网格

生成软件、气动性能分析及控制、电路设计二次开发能力。

在创新性实践培养中, 专业教师指导团队参与较多, 创新性方案涉及的专业知识较多, 需要学生经过长期的项目锻炼, 具备较好的专业知识基础。创新性培养从两个方向开展: 科学角度、应用角度。从科学角度来看, 主要涉及总体气动布局、机翼结构设计、控制方式等。团队在科研活动中, 重点提出并探索了环形翼无人机(鹰鹞系列)、双机身+连接翼结构无人机(比翼鸟系列)、连接翼+船身式的水上无人机(海鸥系列)、可变翼无人机(灵雀, 如图 3 右所示, 通过三段耦合自适应改变机翼型式)、菱形翼无人机(灵眸燕鸥系列)、矢量控制三角翼无人机(飞燕系列)等多种新概念飞行器, 部分概念为团队首次提出。从应用角度看, 考虑到航空测绘、水上起降、污染水样采集、侦察预警、河流巡堤、山林防火、航空物流、飞行汽车、农林植保、电力巡线等不同工程应用需求, 飞行器性能要求各不相同。例如, 航空测绘的稳定性设计、水上起降总体设计、污染水样采集水面滞留需求、航空物流的载荷需求等, 均需要在飞行器总体布局、功能等方面进行创新设计。



通识



提升



创新

图 3 三级培养连通示意

(二) 纵向—横向—市场, 三维演化连通

在专业理论课程、实践课程的融合支撑下, 科研方向明确后将保持较好的科研纵向进化特性, 聚焦某一方向深入研究。以鹰鹞系列环形翼无人机研究团队为例, 核心成员大一阶段加入, 通过上述通识、提升实践培养, 已具备较好的研究能力和基础。结合专业课程课内实验、课程设计及实践课程开展研究, 针对如何减小飞行器诱导阻力、提高飞行器稳定性的科学问题, 创新性提出了环形翼概念。课程设计中完成了总体设计参数、总体布局等概念设计, 并于小型无人机设计制作实践课程中开展原型机设计试验(如图 4 鹰鹞 1.0 所示)。受限于环形翼工艺制造难度, 采用连接式双翼代替, 以验证方案可行性和飞行可控性, 经试飞试验证明了方案的正确性。后续研究中围绕

环形翼结构, 逐步开发了多轮优化迭代方案。鹰鹞 2.0 为常规式气动布局, 但机翼采用立式环形翼, 突破了环形翼工艺加工技术; 鹰鹞 3.0 为双尾撑结构, 动力装置位于环形翼居中后方, 改善了升力和阻力特性; 鹰鹞 4.0 完成机翼、机身、尾翼结构优化, 提高了气动性能、稳定性, 尝试完成多次脱控飞行试验, 验证了方案具有极高的稳定性; 鹰鹞 5.0 重在解决黄河等江河水域生态、环保等需求, 创新性提出“水翼+环形翼”结构, 实现了水面高速起降, 并对尾翼型式进行了适应性改进, 目前该方案正在设计定型中。以科研活动聚焦专业, 以项目纵向推进实践培养提升, 科研活动实践教学, 以学生为主体, 以指导教师为客体, 极大改善了学生的参与积极性和技术方案创新性。

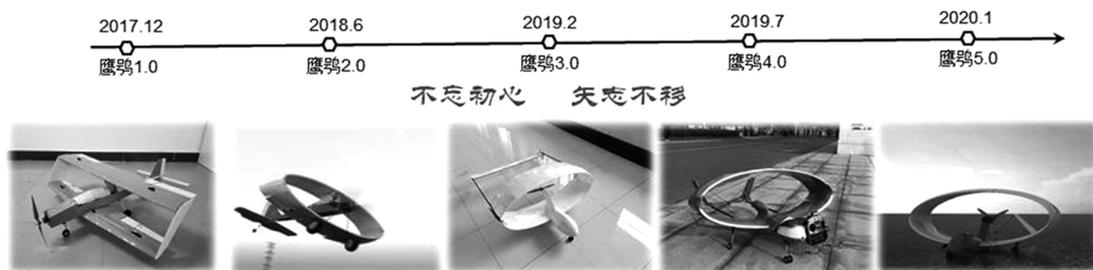


图4 科研活动纵向进化

从横向来看,每个科研活动方向上具有专业相似性,这也为实践培养在横向上的多方向融合提供了可能。多项目研究中,在纵向上各有发展脉络,为进一步提高专业实践教育深度和专业知识掌握的全面性,结合各项目发展阶段,可适当在设计方案、分析手段上实现多项目融合。以双机身+连接翼结构无人机研究为例,如图5所示,研究团队定位于未来都市群物流无人机需求,基于双机身设计开展方案创新研究,在实践培养中,突出解决高升力、大载荷、远航程问题,提出了双机身设计思路,并完成设计、制作、飞行方案验证,解决了双机身的布局设计、结构设计等问题。后续发展中,结合项目组在海鸥系列水上无人机研究中积累的连接翼设计技术,创新性提出了融合双机身、连接翼的布局方案,先后设计了比翼鸟和比翼鸟 Pro。比翼鸟 Pro 采用曲面融合、翼尖优化技术,有效改善了气动升阻特性。两款比翼鸟均完成了设计、分析、试飞等研究,充分提高了学生的飞行器设计专业和综合实践能力。为解决水上起降问题,结合海鸥系列的船身式设计技术,提出了比翼鸟 NG;为解决无人机多功能性能,结合模块化设计理念,提出了比翼鸟 NEO 方案。

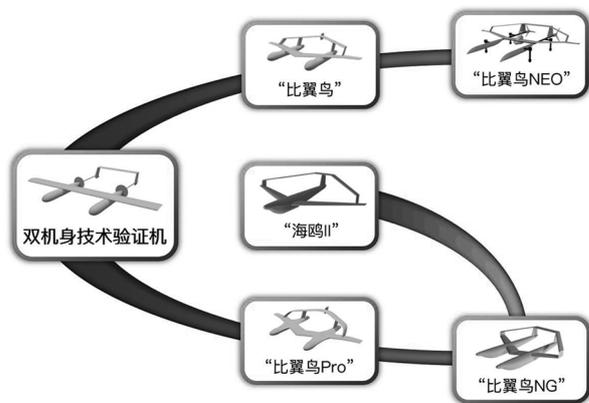


图5 科研活动横向融合

从比翼鸟学生团队研究逻辑来看,纵向上保持了双机身设计理念,横向上吸收了其他项目设计思路,提高了项目创新性,为学生实践能力提高提供了更好平台。推动方案优化发展的重要驱动力是市场,市场需求是决定方案设计和优化的重要因素。在环形翼无人机设计中,从专业知识角度看,主要提高气动特性和稳定性;从市场应用角度看,主要解决航测市场、电力巡线等需求。对双机身无人机方案,重点解决高升力等专业技术需求、未来无人航空物流等应用问题,设计方案有较为明显的市场驱动。同时,两种方案的水上起降方案演化,具有专业知识实践和市场驱动的双重属性,这一特点也为科研活动向双创活动、双创教育、学科竞赛发展提供了理论基础。

(三) 专业知识—双创活动—学科竞赛, 三向能力连通

为提高专业知识的掌握和应用能力,依据学生个人优势和科研活动任务,将学生团队分为总体组、设计组、工艺组、飞控组、试飞组等。通过科研活动的协调推进,既保障了学生对专业知识的整体认识,也提高了学生的个性化培养和对专业核心课程的深刻理解。每个科研项目均需完成方案的气动特性、结构性能、总体布局等详细分析。图6左为某飞翼布局飞行器基于 FLUENT 软件计算的表面压力分布,以得到升力系数、阻力系数、力矩系数等气动特性,为方案的性能参数预估和进一步演化提供数据支撑。通过科研实践,提高了学生的科研能力。

科研活动本身具有较高的创新性,包含对飞行器布局、机翼、尾翼结构等设计方案及工艺流程的创新。在图6中,结合通航、区域经济市场需求,通过创业策划、路演交流、方案演化,开展了双创活动实践。对航空类专业来说,双创活动主要包含三个要素:一是专业知识的突破,即基

于航空专业理解,从飞行器布局设计、气动性能、结构设计、材料工艺等角度出发,创新性提出改进方案或新型设计方案等;二是市场需求的突破,即服务区域经济、通航产业发展,结合黄河流域、长江流域发展战略开展专创融合教育,如鹰鹞、比翼鸟、海鸥、灵眸燕鸥、飞燕等项目分别解决了航测、航空物流、水上起降、侦察预警、紧急救援等需求,提出新的解决方案和应对措施;三是跨专业教育的突破,与市场相连,必然是跨专业知识的融合和突破。不同于传统跨专业知识教育,双创活动可明显改善学生跨专业学习的主动性和积极性。

学科竞赛为学生综合能力的提高提供了同台竞技、沟通交流、项目完善的机会,反向促进专业教育、双创教育的实践教学改进。从内容和规

则来看,航空类专业相关学科竞赛可以分为综合类、学术类、技能类三类,根据科研项目特点、应用方向、专业分布等分类参与。综合类比赛以“挑战杯”“互联网+”为代表,主要考量学生方案设计的创新性、市场需求的创业性,提高学生双创能力。图6右为海鸥系列参加2017年“挑战杯”国赛决赛现场。学术类竞赛重在专业知识的创新,考量学生新概念飞行器设计理论、分析技术、科学合理性、工程应用正确性等,重在专业知识的掌握和运用。技能类竞赛以某一方面技能为背景,如航空维修、航空运动等,重在培养学生基于专业知识的操作技能。因此,学科竞赛是专业知识、双创知识的融合实践,可显著改善学生的科研能力、跨专业知识体系、团队合作意识等。

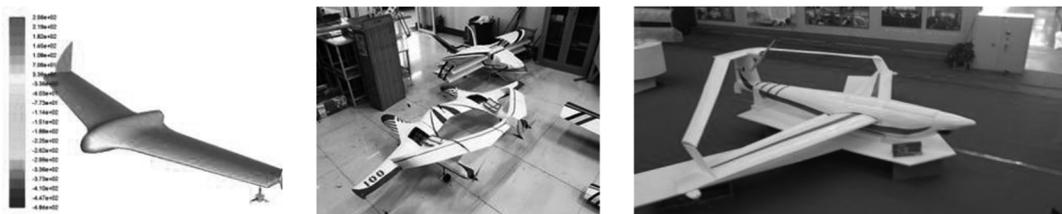


图6 三向能力连通示意

五、实践教学成效

自2016年连通式实践教学体系改革探索以来,学生团队取得了大量优秀成果,如表1所示。结合“挑战杯”“互联网+”等重要学科竞赛,连通式实践教学方法提高了学生的专业知识、双创能力等综合能力,成为教学改革的重要途径,极大提高了学生的参与热度和积极性,培养了学生的团

队合作意识、专业创新意识、创业精神。专业教师指导团队、“智创未来”学生团队分别荣获第一届(2017年)、第二届(2019年)“最美郑航人”称号,赢得全校师生共同认可。同时,本专业考取北京航空航天大学、西北工业大学、南京航空航天大学硕士研究生的比例明显提高,学生团队参与发表学术论文20余篇、申请专利10余项,综合提高了科研素质和实践能力。

表1 2016年以来实践教学成效表

编号	类别	获奖情况	备注
1	“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛	国赛三等奖2项 省赛特等奖2项,其他奖项12项 校赛14项	海鸥、灵雀获国赛三等奖各一次
2	中国“互联网+”大学生创新创业大赛	国赛铜奖1项 省赛一等奖5项,二等奖1项 校赛9项	海鸥获国赛铜奖 鹰鹞、灵雀入选国赛集训营
3	全国大学生创新创业训练计划年会展示	国赛展示2次	海鸥、灵雀

续表 1

编号	类别	获奖情况	备注
4	大学生创新创业训练计划	国家级立项 5 项 省级立项 11 项 校级立项 15 项	鹰鹃、海鸥、灵雀、比翼鸟等
5	中国国际飞行器设计挑战赛	国赛奖 23 项, 一等奖 7 项	飞鸢、海鸥等
6	三维数字建模大赛	国赛 1 项 省赛 3 项 (一项特等奖)	海鸥、比翼鸟等
7	新时代 新梦想 创启未来 豫创天下	省赛三等奖 1 项 省赛三等奖 1 项 (第四名) 市赛三等奖 1 项	鹰鹃、海鸥、比翼鸟
8	未来飞行器设计大赛	省赛奖励 4 项	课程设计项目
9	科技创新项目 (学生)	校级 8 项	2018 年后该计划并入大创项目

六、结语

实践教学的有效融合是专业教育、双创教育持续发展融合的重要环节,也是学生综合能力提高的重要途径。高校应结合专业需求和专业特点,有序推进实践教学体系的构建,不断探索航空类专业的人才培养新途径。基于连通式思路,打通并构建实践教学体系与专业教育、双创教学相融合的内容、方法、策略,以课程设计、科研活动、双创活动、学科竞赛实践为核心,提高实践教学能力,培养高素质复合型应用人才。

参考文献:

- [1] 陈强.“专创融合”人才培养模式构建及推进策略——以新商科专业群为视角[J].中国高校科技,2019(11):73-76.
- [2] 李旻.融入“双创教育”理念的专业教学创新与实践探究[J].中国职业技术教育,2020(2):79-83.
- [3] 顾明远.新时代教育发展的指导思想——学习习近平总书记在全国教育大会上的讲话[J].北京师范大学

学报(社会科学版),2019(1):5-9.

- [4] 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[J].中华人民共和国国务院公报,2019(3):34-41.
- [5] 苏原,郑俊杰.土木工程专业工程实践模式的探索与实践[J].高等工程教育研究,2019(4):107-112.
- [6] 委福祥,王延庆,刘洪涛,等.“新工科”背景下材料专业实践教学体系探索[J].实验室研究与探索,2019(1):197-200.
- [7] 赵晓霞,王卫东,蒋琦玮,等.新工科视角下土木工程核心能力实践教学体系建设[J].高等工程教育研究,2020(1):31-36.
- [8] 黄炳超.基于能力培养的应用型本科实践教学体系构建[J].实验室研究与探索,2019(5):164-168.
- [9] 殷春平,董一巍,尤延铨,等.航空工程创新人才“学-赛-研-创”培养模式的探究与实践——以厦门大学航空航天学院为例[J].高等教育研究学报,2020(2):12-17,65.
- [10] 高卫国.高校创新创业教育接受路径研究[J].江苏高教,2020(3):92-95.

(责任编辑:邢云燕)