

航天类学员实践能力培养的探索与思考

周剑勇, 陈青全, 雷勇军

(国防科技大学 空天科学学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 实践能力是在知识学习基础上的高阶要求。着眼于航天类学员实践能力培养, 分析了新时期航天类学员实践能力培养面临的新挑战, 并以无军籍学员为例, 对无军籍学员实践能力培养的特点和需求进行了研究。对比了学校办学历史和国内主要航天类高校的学员实践能力培养的经验做法, 总结了以专业综合实践为依托的贯穿式实践能力培养等方面的经验与体会。提出了加强学员实践能力培养的三点认识, 以期助益航天类学员实践能力的培养, 也为军内外相关高校提供借鉴。

关键词: 航天类学员; 实践能力; 实践与思考

中图分类号: G640 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8874 (2023) 01-0035-07

Practice and Research on the Training of Practical Ability of Cadets Majoring in Aerospace

ZHOU Jian-yong, CHEN Qing-quan, LEI Yong-jun

(College of Aerospace Sciences, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Practical ability is a high-level requirement based on knowledge learning. This paper focuses on the practical ability training of aerospace students, analyzes the new challenges in the cultivation of aerospace students' practical ability in the new era, and takes non-military students as an example to analyze and study the characteristics and needs of the cultivation of practical ability. It also compares the experience and practice of cultivating students' practical ability in major aerospace universities in China, and summarizes the four-year practical ability cultivation based on the comprehensive professional practice. Finally, it puts forward three thoughts on strengthening the practical ability training, which might be helpful for the training of aerospace students in relevant military and non-military universities.

Key words: aerospace students; practical ability; practice and enlightenment

一、引言

自哈军工的导弹工程系开始, 我校在 60 余年的办学过程中, 在航天领域为军队、国防工业部门培养了以 9 名院士为代表的一大批拔尖创新人才, 更是在 2010 年左右形成了享誉军内外的“航

天人才森林”现象, 航天类学员的培养取得了突出成绩。扎实的实践能力是我校学员一贯的特色和优势, 也是我校学员全面成长为军队和国防工业各行业领头羊和核心骨干的重要保证。在现任的 9 名中国载人航天工程总设计师/副总设计师中, 有 7 人毕业于我校。

进入新时期, 随着空天技术及其应用的快速

收稿日期: 2022-03-07

基金项目: 全国教育科学国防军事教育学科“十四五”规划课题 (JYKYD2021006); 国防科技大学重大专项课题 (U202120X)

作者简介: 周剑勇 (1983-), 男, 江西宜春人。国防科技大学空天科学学院副教授, 博士, 主要从事航天动力学与控制、高等教育研究。

发展、国家新工科建设的强力推进，航天类学员的实践能力的培养又面临很多新挑战^[1-6]。

（一）新工科建设及航天应用对学员实践能力提出了更高要求

新工科改革着力于培养面向未来工程应用的创新型工程技术人才，解决工程问题的实践能力是核心培养目标之一。而航天工程由于其高技术性、高成本性、地面模拟实验难等特性，对学生的问题抽象建模、计算机数值模拟、虚拟实验验证等实践能力提出了更高要求，单纯的知识学习不足以胜任未来工程技术创新岗位要求。

（二）传统实践教学方式和资源跟不上新时期实践能力培养需求

传统的实践教学主要是课内实验或部分学科竞赛实验，由于实物操作实验的环境要求、实验成本、设备维护、实验安全性等因素制约，大多只能开展相对简单的知识单元实验或原理性实验，实践教学内容陈旧、特色不鲜明，教学方法手段也非常有限。以“理论力学”课程实验为例，从哈工大等理论力学教学优势高校到一般大学，从 20 年前到现在，主要是静动摩擦系数测试、刚体转动惯量测试等知识点的基础性实验，无法达到课程教学的高阶性、创新性和挑战度要求。

（三）实践教学的师资队伍建设难题进一步凸显

实践教学由于需要大量的时间去指导学生实验、维护实验设备和建设实验环境等，指导老师几乎不可能兼顾科研工作。尽管各高校均尝试建立了相应的实验教学工作考评、职称评审、评优奖励等政策体系，但是重科研轻教学、重论文轻教学的现象并未根本转变，导致实践教学指导教师数量严重不足，从事实践教学理论研究和实践教学课程设计等的高层次研究人员更是匮乏，从而必然导致实践教学的针对性、有效性难以保证。

鉴于军人学员培养方案的讨论、修订等具有一定的限制，而学校在办学过程中还要考虑到无军籍学员的培养，因此本文将以无军籍学员为例，通过研究和总结学校航天类无军籍学员实践能力培养的经验与思考，示范引导做好航天类学员实践能力培养工作，为军内外其他高校的学员实践

能力培养改革提供借鉴。

二、新时期航天类无军籍学员培养分析

（一）无军籍学员培养目标定位

从学校整体办学来看，无军籍学员培养可在军人学员培养人数有限的情况下，保持学校建设世界一流大学所需的适度学生规模（如清华大学、北京大学的在校本科生均为 16,000 人左右，麻省理工学院在校生约 11,000 人）。从学员培养产出来看，可以充分发挥学校在办学历史中形成的优势特色，为国防工业领域培养大批高科技创新人才，服务于国防科技自主创新。

（二）无军籍学员实践能力培养特点

相比在校的军人学员，无军籍学员的培养过程规划、出口要求等均有显著区别。

1. 无军籍学员的教学计划相对灵活。军人学员的教学计划刚性约束较多，学校可自主调整的内容不多。而无军籍学员的教学计划主要由学校负责制定，总体上可按照高等教育规律、参照地方高校模式较为灵活地制定、修订培养方案和教学计划，还可以自主设计实践教学内容 and 环节。

2. 无军籍学员实践能力培养的出口要求不同。军人学员的实践能力更多聚焦于部队任职岗位，其实践能力培养尤其注重装备应用实践、部队岗位锻炼等。例如，军人本科学员专门面向部队任职能力，设置了任职教育计划，研究生学员则实施部队一线岗位集中实习等措施来强化实践能力培养。无军籍学员的出口侧重于国防工业部门，更加注重面向工程技术创新应用的实践能力，需要更加贴近工程产品研发、设计与生产等过程。

3. 无军籍学员实践能力培养的时代性更强。军人学员的实践能力整体上面向当前装备的应用和指挥实践，对技术的前沿研究或工程的创新设计等要求相对来说不是特别强烈。无军籍学员需要面向当前的工程技术特点，甚至是超前于当前的工程技术，培养其面向未来工程技术创新的实践能力，新技术发展带来的调整性更强。

三、航天类学员实践能力培养研究

(一) 学校航天类无军籍学员培养经验总结

学校航天类无军籍学员培养历史总体上可分为三个阶段^[7-10]。

1. 1977—1988 年，学员均是无军籍学员。学校从地方统一招收本科学员和研究生，均不列入军队员额；毕业生主要分配到国防工业部门，少数分配到部队。该时期航天类无军籍学员实践能力培养总体特点是：逐步加强实践教学环节设计和占比，增加毕业设计环节并由专业对口的科研院所结合工程任务开展联合指导。例如，1981 年，学校针对学员工程素质较差的问题，调整教学计划，将 82 级教学计划的实践学时增加了 3% 左右（约 80 学时），并增加了毕业设计环节。

2. 1989—2002 年，国民教育计划和“双向选择”无军籍学员。该阶段，学校纳入军队院校编制序列，在为全军培养高层次、高质量工程技术人才的同时，也通过国民教育计划及 2000 年后的“双向选择”面向国防工业部门培养无军籍学员。该时期航天类无军籍学员实践能力培养总体特点是：在完善课程实践教学基础上，进一步强化毕业设计的实践锻炼，并增加暑假的工厂实习锻炼。例如，毕业设计时间由开始的 8~12 周，逐步调整为 12~14 周，直至现在的不少于 14 周。

3. 2003 年—至今，培养规模不断调整。2003 到 2017 年，学校停止招收无军籍本科生。2013

年，恢复无军籍研究生招生；2018 年，学校开始按照大类专业招收无军籍本科生，首批招收 300 人，分计算机、电子信息、航空航天等三个大类专业；2019—2020 年，分别新增自动化类、大气科学类和强基计划招生，招收人数逐步增加至 420 人左右。该时期的无军籍学员实践能力培养总体特点是：系统制定实践能力培养计划，不断优化实践教学环节和教学内容，实施贯穿全过程的实践能力培养。

(二) 国内主要航天类高校实践能力培养现状

作为“国防七子”的北京航空航天大学 and 哈尔滨工业大学，长期面向国防工业领域培养人才，学员产出和毕业去向与我校的无军籍学员具有高度相似性，其实践能力培养探索情况对我校的无军籍学员具有较好的参考性。

1. 北京航空航天大学学生实践能力培养情况

针对学生了解和掌握工程技术知识、培养动手解决工程问题能力的任务目标，为适应新时代学生实践能力培养需求，北航于 1999 年成立了工程训练中心并组建了专门的工程训练实践教学团队，依托其工程训练中心开展学生的实践能力培养^[11-12]，如图 1 所示。该中心根据不同年级学员的不同实践需求和特点，探索建立了“认识—训练—创新”递进式工程实践教学体系，可支持学生完成工程认知、基础训练、综合创新训练三个层次的实践教学。实践内容设计横向覆盖了机械、电子和控制等主要工程应用的三个方向，教学安排纵向贯穿三个年级。

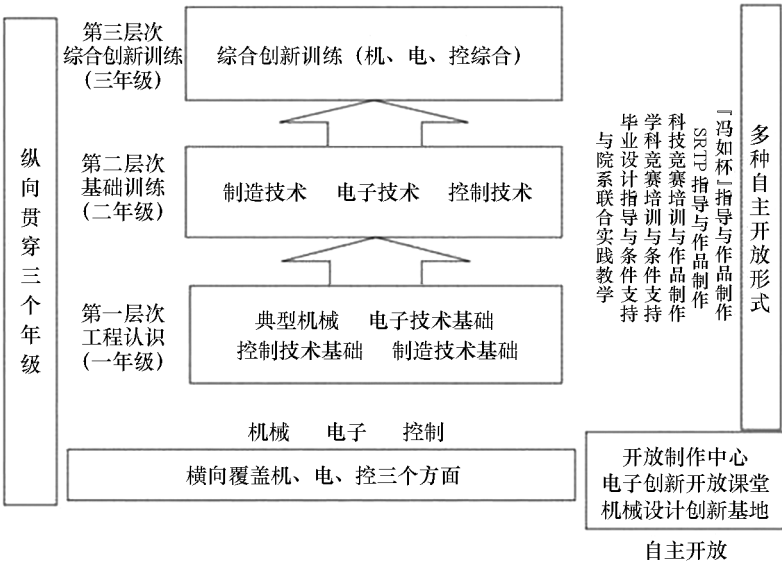


图 1 北航的学员实践能力培养体系框架

2. 哈尔滨工业大学学生实践能力培养情况

围绕学生实践能力培养，在整体设计层面，该校构建了从基础实践层、综合实践层到创新实践层的系统化多层次的实践教学体系，确保本科生实践和创新能力培养四年不断线^[13-15]。其中，基础实践主要由课内实验、工程训练、专业认识实习等支撑；综合实践由综合研究性实验、课程设计、生产实习、自主实习、社会实践等支撑；创新实践贯穿于大学四年，包括创新实践项目、学科竞赛、毕业设计和科研实践等。

在实践教学实施层面，自 2014 年以来，哈工大实施三学期制的集中式实践教学改革，将主要的实践教学环节集中到夏季学期。全面推广项目式实践教学方式，即按照一个完整的项目研究进度来设计实践教学环节、开展实践教学活

四、航天类无军籍学员实践能力培养的探索

面对新时期学员实践能力培养的新挑战，我校空天科学学院在总结学校航天类无军籍学员实践能力培养经验的基础上，借鉴国内相关航天方向高校的典型做法，探索了具有我校特色的无军

籍学员实践能力培养的新途径。
(一) 依托专业综合实践的贯穿式实践能力培养体系设计

基于无军籍本科学员的学习成长特点，以学员实践能力产出为导向，依托专业综合实践设计，构建四年贯通式实践能力培养体系，总体思路如图 2 所示。

设计知识实践、能力提升实践和创新产出实践三级递进式实践教学环节，并由专业综合实践进行贯穿支撑。总体上，在低年级时，主要通过课程教学中的工程案例分析和课程配套的实验等来增强实践能力基础。进入大二、大三年级，以若干实际工程任务为主线，开展基于实际任务的项目设计和实验验证，打通课程间的知识隔阂。进入毕业年级后，以毕业设计为抓手，开展基于科研项目的毕业设计或自主创新实践，着重培养直接面向工程应用的实践能力。

在具体实施中，根据专业人才培养目标，细化设计不同阶段的实践教学内容。以某力学专业为例，该专业的人才培养目标是掌握工科基础知识，建立较为全面的力学专业知识体系，掌握力学建模、试验及数值分析能力，具备运用力学原理和方法，解决航空航天领域复杂工程问题的能力，其贯通式实践能力培养体系设计如图 3 所示。

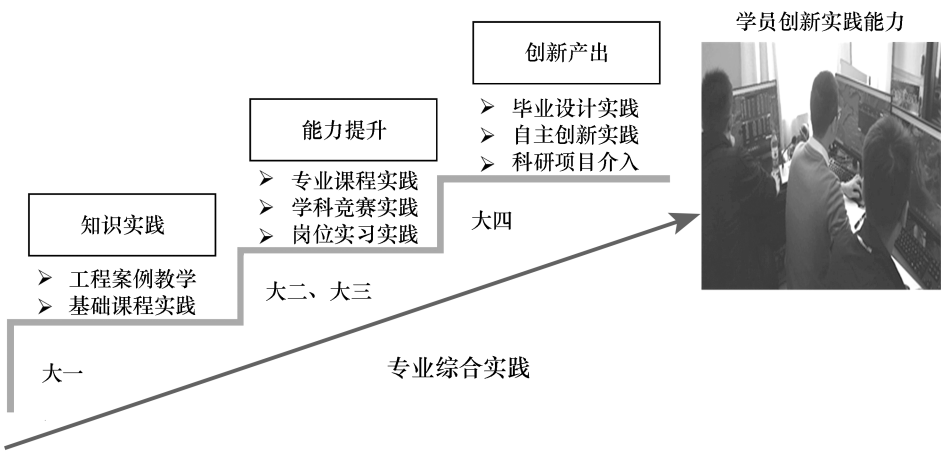


图 2 无军籍学员实践能力培养体系设计

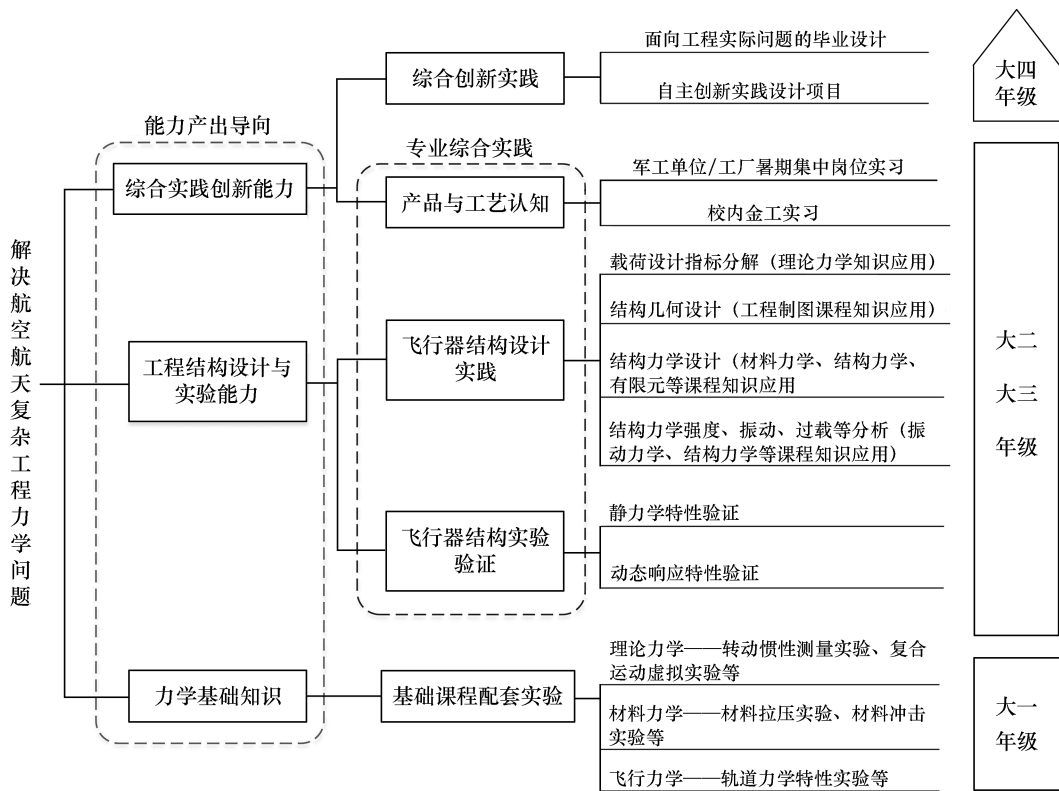


图3 力学专业无军籍学员实践能力培养体系

（二）面向新技术发展和工程应用的实践教学资源建设

针对传统实践教学内容过于陈旧、实践方式过于简单的问题，空天科学学院分别从教学资源、实验方式等方面开展了针对性的改革建设。

在教学资源方面，针对无军籍学员毕业出口特点，将面向军人学员教学的军事应用教学设计，转向聚焦航空航天等国防工业领域的工程应用设计，构建了面向航空航天国防工业的教学案例库

和实验项目，通过引入更多贴近工程应用的案例教学和拓展更新原有课程的实验项目，引导学员从问题出发，逐步分析问题、解决问题，使得整体实践教学内容具有更好的应用性和前沿性，实现理论知识与工程应用的有机结合。以“理论力学”课程为例，面向国防工业领域工程应用的无军籍学员实践教学典型案例和实验项目拓展情况如图4所示。

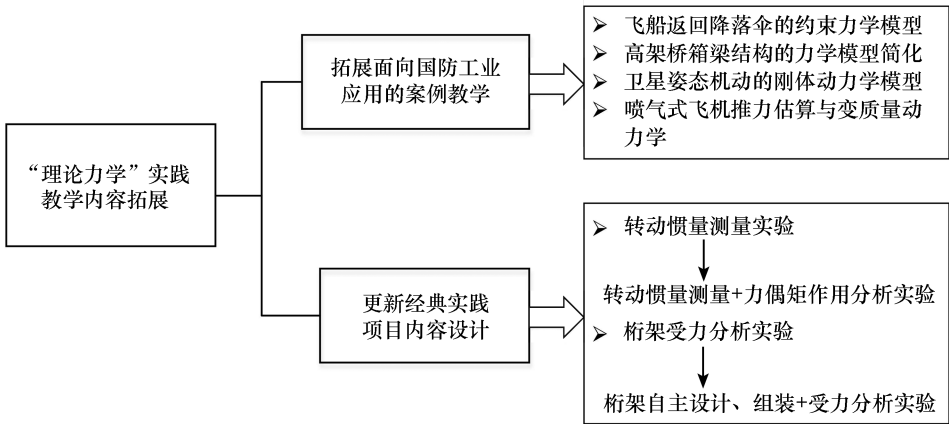


图4 面向工程应用的无军籍学员实践教学拓展

在实验方式方面，以设备实操为主的传统实践教学难以满足部分内容较为抽象、实验成本高、实验环境和条件要求较高、实验准备周期较长等项目的实验需求，尤其是航空航天领域。学院组织新建了一批虚拟仿真实验项目，通过“虚实结合”的方式开展实践教学。以某力学专业综合实践为例，新建了航天器姿态动力学与控制虚拟仿

真实验系统和遥感测量中的运动学原理虚拟仿真实验系统，如图 5 所示。这些系统可支持学员自主开展航天器姿态动力学认知、姿态运动力矩陀螺螺控制设计、基于图像特征点的复合运动速度和加速度测量等 30 余个虚拟仿真实验，有效支撑了学员面向实际任务需求、面向能力培养开展航空航天项目的实践锻炼。

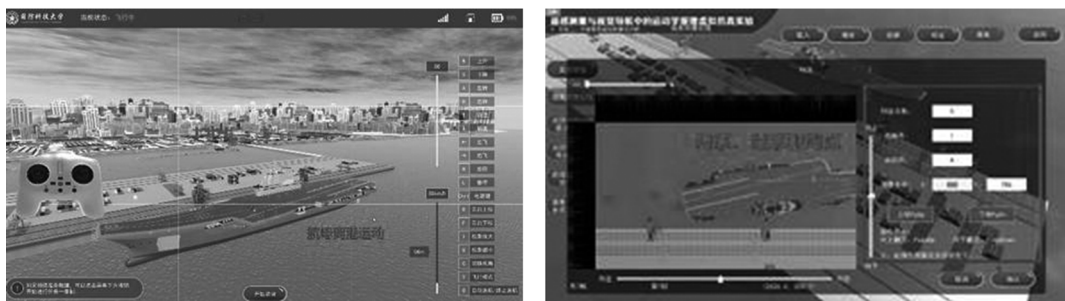


图 5 遥感测量中的运动学原理虚拟仿真实验系统

教学的实践结果表明，学员创新实践能力得到明显提升。2015 年以来，学员获得了第十届国际空间轨道设计大赛冠军、全国大学生挑战杯特等奖、iCAN 国际大学生创新创业大赛特等奖、国际大学生航天器设计大赛一等奖等高水平学科竞赛奖项 86 项，改革实践经验受邀在教育部教指委等机构举办的全国大会上做报告 10 余次。

五、无军籍学员实践能力培养的思考

（一）系统的实践能力培养体系设计与构建是基础

实践能力是在知识学习基础上的高阶要求，是布鲁姆教育理论的最高阶目标，也是国家新工科教育改革的主要目标之一。需加强实践教学的总体规划设计，可参照基于学习产生的教育模式理念，建立能力目标与教学活动的相互支撑关系，从学员四年的完整培养过程出发，制定系统的培养体系。以我校无军籍学员为例，由于其培养计划自主性较强，可以针对性地灵活设计实践教学环节。例如，减少高年级的理论性就业指导课程，进一步强化科研院所和工厂实习等面向职业岗位和工程实践的教学环节，将当前 10 天左右的参观性暑期实习拓展为 1~2 个月的岗位锻炼。再如，基于无军籍学员在日常管理上相对灵活的特点，在大三、大四年级的教学活动中，可以设计 1~2

个无军籍学员自主实践环节，由学员根据个人职业规划等自主开展诸如支教、志愿者、企业实践等活动。

（二）紧扣工程的实践教学资源建设是关键

实践能力培养必然要依托具体的课程或实践项目开展相关的教学实践活动，过于陈旧和抽象的实践内容无法满足学员“两性一度”的能力培养需求。首先，需要在理念和设计上，着力做好工程导向性的课程教学内容体系优化，构建充分融合工程应用和未来技术的案例库等实践教学内容。其次，在夯实、拓展传统实践教学资源的同时，尤其是航天领域，完全依托实物操作的实践教学条件建设难度大、成本高，要注重基于网络信息技术的虚拟实践教学资源建设，鼓励开展面向工程应用和实践操作的知识综合应用虚拟资源建设和教学实践，构建“虚实结合”的实践教学资源体系。

（三）持续有效的实践教学队伍建设是保证

破解实践教学师资队伍建设难题，需要在队伍常态化建设、有效激励等方面进一步探索建立持续有效的机制政策体系。可以建立实践教学师资队伍队伍的单独评价办法和独立的管理机构，弱化其论文、课题等量化指标要求，尝试从本校或国内类似高校的实践教学水平等横向维度去对比评价，避免科研师资队伍管理惯性的支配性影响。例如，清华大学基础工业训练中心有专职的教职

工 110 人；北京航空航天大学工程训练中心有专
职教职工 60 余人；哈尔滨工业大学实验与创新实
践教育中心有专职教职工 71 人。专职的教师队伍
有助于老师们持续开展实践教学的研究和学员指
导，有助于打造高水平的专业化实践教学环节和
平台。

参考文献：

[1] 吴岩. 勇立潮头 赋能未来:以新工科建设领跑高等教育变革[J]. 高等工程教育研究,2020(2):7-11.

[2] 林健. 新工科人才培养质量通用标准研制[J]. 高等工程教育研究,2020(3):5-16.

[3] 王世斌,顾雨竹,鄢海霞. 面向 2035 的新工科人才核心素养结构研究[J]. 高等工程教育研究,2020(4):54-60.

[4] 马鹏举,王亮,胡殿明. 工程实践教学的现状分析与对策研究[J]. 高等工程教育研究,2011(1):143-147.

[5] 邓磊,战德臣,姜学锋. 新工科教育中计算思维能力培养的价值探索与实践[J]. 高等工程教育研究,2020(5):49-53.

[6] 刘双科,叶益聪,李宇杰,等. 强军新工科视域下的军校工科专业人才培养方案研究[J]. 高等教育研究学报,2021(1):114-120.

[7] 校史编审委员会. 国防科学技术大学校史(1953—1993)[Z]. 长沙:国防科技大学出版社,1993:52-98.

[8] 校史编审委员会. 国防科学技术大学校史(1993—2003)[Z]. 长沙:国防科技大学出版社,2003:45-82.

[9] 校史编审委员会. 国防科学技术大学校史(2003—2013)[Z]. 长沙:国防科技大学出版社,2014:47-91.

[10] 刘献君. “哈军工”办学战略思想探析[J]. 高等教育研究,2007(2):61-67.

[11] 北京航空航天大学. 北京航空航天大学工程训练中心[EB/OL]. [2022-01-23]. <http://etc.buaa.edu.cn/index.htm>.

[12] 李露,罗晓燕,刘博,等. 面向新工科的“多元交叉”实践教学改革研究[J]. 实验科学与技术,2021(1):53-58.

[13] 哈尔滨工业大学. 哈尔滨工业大学实验与创新实践教育中心[EB/OL]. [2022-01-23]. <http://eeci.hitsz.edu.cn/info/1025/1382.htm>.

[14] 胡秀丽,张宏生,敖宏瑞. 实践教学改革重在创新能力培养[J]. 机械设计,2018(2):35-37.

[15] 代勇,赵立忠,问晓先,等. 工业工程专业本科实践教学培养模式探索:以哈尔滨工业大学为例[J]. 机械设计,2016(2):49-52.

(责任编辑：邢云燕)

(上接第 28 页)

动。根据生长军官开设课程及能力实际，设置联合作战背景下的各类竞赛科目，组织实施学员广泛参与比武竞赛活动，在激烈比拼的竞赛场上摔打磨练，锤炼形成理解联合、主动联合、谋求联合、密切联合的思维和能力。

（四）建强生长军官联合作战教学师资队伍

具有丰富教学经验和高水平教学能力的师资队伍，是提升人才培养质量层次的关键。生长军官联合作战思维培养，对师资队伍自身的任职经历、专业素养等提出了更高的要求。一是积极引进人才。通过选调、选改部队任职经历丰富、工作成绩突出的一线军事干部到院校工作，补充至教员队伍中，为联合作战教学提供有力的人才支撑。二是补足经历短板。通过组织赴基层部队调研、代职，以及邀请部队专家授课培训等多种方

式，加大与部队之间的交流学习力度，做好教员队伍经历上的补课工作，确保生长军官联合作战思维与部队需求无缝对接。三是加大送学力度。联合作战思维培养涉及联合作战指挥、军兵种力量体系、联合作战保障等诸多要素，通过将教员向国防大学、其他军种院校、新型力量兵种院校等单位送学，学习掌握最新发展动态，返回后再进行内部培训，进一步提升教员自身专业水平和教学能力素质。

参考文献：

[1] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典[M]. 7 版. 北京:商务印书馆,2016:1237.

[2] 赵仕超,程勤. 火箭军部队联合文化培育浅析[J]. 火箭军指挥学院学报,2020(4):54.

(责任编辑：邢云燕)