

惯性基自主导航课程教学路径探索

魏 国^{1,2}, 罗 晖^{1,2}, 梁永辉^{1,2}, 高春峰^{1,2}, 于旭东^{1,2}, 周 健^{1,2}, 谭中奇^{1,2}, 彭嘉旺^{1,2}

¹国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙

²国防科技大学南湖之光实验室, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年5月19日; 录用日期: 2025年6月26日; 发布日期: 2025年7月7日

摘 要

惯性基自主导航课程的开展, 对于培养掌握前沿技术的高素质工程人才具有至关重要的作用。作为工科教育的核心组成部分, 该课程不仅需要丰富学生的基础理论知识, 还要提高学生的实践操作能力。然而传统的课程存在建设内容割裂性、知识点零碎化、施教对象多样化以及教学模式单一等问题。本文研究提出体系化、层次化与“训-教-创”一体化教学改革路径。通过构建“两环境+两系统”知识框架整合课程内容, 分层匹配不同学员需求, 并融合理论教学、实验实训与科创成果反馈形成协同教学模式。实践表明, 该模式增强了课程连贯性与教学针对性, 提升了学生理论应用与创新能力, 为工科课程教学改革提供了系统性实践方案。

关键词

惯性基自主导航, 体系化教学, 层次化教学, 一体化教学

Exploration of the Teaching Path of Inertial Basis Autonomous Navigation Course

Guo Wei^{1,2}, Hui Luo^{1,2}, Yonghui Liang^{1,2}, Chunfeng Gao^{1,2}, Xudong Yu^{1,2}, Jian Zhou^{1,2}, Zhongqi Tan^{1,2}, Jiawang Peng^{1,2}

¹College of Advanced Interdisciplinary Studies, National University of Defense Technology, Changsha Hunan

²Nanhu Laser Laboratory, National University of Defense Technology, Changsha Hunan

Received: May 19th, 2025; accepted: Jun. 26th, 2025; published: Jul. 7th, 2025

Abstract

The implementation of the inertial basis autonomous navigation course plays a crucial role in cultivating high-quality engineering talents who master cutting-edge technologies. As a core component of engineering education, this course not only needs to enrich students' basic theoretical

knowledge, but also improve their practical operation ability. However, traditional courses have problems, such as fragmented construction content, fragmented knowledge points, diverse teaching objects and single teaching mode. This article studies and proposes a systematic, hierarchical and integrated teaching reform path of “training-teaching-creation”. By constructing a knowledge framework of “two environments + two systems”, the course content is integrated, and the needs of different students are matched at different levels. A collaborative teaching model is formed by integrating theoretical teaching, experimental and practical training, and feedback on scientific and technological innovation achievements. Practice shows that this model enhances the coherence of the courses and the pertinence of teaching, improves students’ theoretical application and innovation abilities, and provides a systematic practical solution for the teaching reform of engineering courses.

Keywords

Inertial Base Autonomous Navigation, Systematic Teaching, Hierarchical Teaching, Integrated Teaching

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球导航技术的不断深化，自主导航课程成为工科教育中的重要组成部分，高校开展《惯性基自主导航》课程，对于培养掌握前沿技术的高素质工程人才至关重要。培养自主导航专业人才，不仅能够为航空航天、海洋探测、无人驾驶等前沿领域提供新鲜血液以解决复杂的技术难题，还能为国家科技创新民族发展奠定坚实基础。然而，传统的教学模式应对这一复杂技术领域的教学需求时，逐渐暴露出诸多问题。首先，传统课程建设往往以单一主题为核心，忽略了课程之间的关联性，导致课程内容割裂，知识点零散，学生在学习过程中需要自行整合知识，增加了学生学习的复杂性。其次，施教对象的多样化使得统一的教学内容难以满足不同层次学生的学习需求，尤其在军事院校中，学员的背景和目标差异较大，对课程灵活性需求更高，这种无法满足学生真正学习目标的局限性尤为明显。最后，以理论为课程核心的传统教学模式在工科类课程中存在明显的不完整性，实践与理论脱节的问题较为突出，学生难以掌握实际应用技能，难以适应复杂的技术场景需求。

针对上述问题，本文主张构建体系化教学框架，将零散的知识点整合为系统化的知识体系，帮助学员形成整体认知；针对授课对象不明确的问题，提出层次化教学理论，根据学员的背景、层次和需求，设计差异化的教学内容和教学方法，确保教学的针对性和有效性；提出“训-教-创”一体化教学路径，强调理论教学、实践训练和科创成果的有机结合，可以有效解决理论与实践脱节的问题，提升学员的综合能力。本文的研究不仅有助于解决惯性基自主导航课程教学中的现存问题，还为相关领域的教学改革提供了理论依据和实践参考，推动教学内容与方法的创新与发展。

2. 必要性分析

2.1. 导航技术人才内涵与需求

导航技术人才是指具备深厚的专业知识、丰富的实践经验和创新思维能力，不仅需要掌握惯性导航、卫星导航等多种导航技术，还需要具备多源信息融合、数据处理、立身实践等综合能力[1]。导航专业人

才作为信息技术专业人才的分支，是建设“透明战场、精测目标、实时导航”信息化作战与保障力量的重要支撑。而军事院校教育培训是导航专业人才成长成才的重要基点，承担着培养高素质自主导航技术人才的重要使命[2]。因此，在新时代背景和需求下，探索惯性基自主导航课程建设路径成为军事院校重要任务。

2.2. 课程建设割裂性与知识零碎化问题

传统课程设置通常以单一主题为核心，忽略了课程之间的关联性。例如，针对于惯性导航技术的课程建设中，只开设惯性导航技术课程，而忽略了惯导传感器和惯导现实应用场景模拟的上下游课程内容[3]。这种课程设置使得课程内容看似独立，实际上割裂了技术的整体性，导致学生在学习过程中需要自行整合知识，增加了学习的复杂性。此外，惯性基自主导航课程因涉及多学科知识和复杂技术，在课程设置中，容易出现知识点零碎化的现象。例如，课程涉及传感器技术、导航原理与算法、实际作战应用等知识点，它们存在一定逻辑关联，学生只有逻辑性的掌握知识要点，体系化的吸收技术内容，才能真正投身于导航事业。

针对课程建设割裂性与知识零碎化问题，体系化教学起到了重要作用。体系化教学的核心在于将课程内容进行有机整合，形成完整的知识体系。1) 知识的系统化：将上下游课程内容进行整合，帮助学生建立完整的知识框架，避免知识点的零碎化。2) 学习的连贯性：依据课程难易和授课对象按照逻辑顺序安排课程内容，使学生逐步深入学习，形成连贯的学习体验。

2.3. 施教对象的多样化现象

惯性基自主导航课程的教授对象是具有多样性的，普通高校主要针对本科生和研究生进行授课，而军事院校还包括任职培训学员、部队联教联训学员等。不同层次和背景的学生在知识基础和学习需求存在差异。例如普通高校的学生可能更加注重理论知识的系统性和深度，培养他们的学术研究能力；对于军事院校的学员，则强化课程的实践性和应用性，增加军事案例和模拟演练等环节，更聚焦于军事领域的应用和实践能力的培养。这种多样性对课程体系的灵活性提出了要求，采用统一的教学内容和方法难以满足学生的学习需求。层次化教学建设为解决这一问题提供了有效的途径。通过明确授课对象的层次，制定个性化的教学目标与课程内容。从体系化的课程内容中有轻重地选择适合学生的教学内容灵活施教，不仅能够提升教学效果，还能激发学生的学习兴趣。

2.4. 教学模式的局限性

长期以来，较多的是以理论为核心的教学模式，通过教师讲授和板书的方式向学生灌输理论概念、公式定理等，这种教学模式存在一定的局限性。首先，“教师讲学生听”的教学模式，使得学生失去了课堂上的主导地位，学生按部就班的吸收知识，缺乏辩证思考能力的培养。其次，在教学过程中，学生可能对复杂的理论知识感到乏味，失去深入学习的兴趣，难以真正理解自主导航技术的内涵和应用场景，这将导致学生难以灵活运用所学知识解决实际问题[4]。工科类课程目标不仅要学生掌握基础理论知识，还需要学生具备较强的实践能力和创新能力。惯性基自主导航课程中涉及的传感器原理、导航算法设计、精密设备操作等复杂知识，单靠板书、图片、视频，学生是难以掌握其实际应用的。实践与理论脱轨的问题较为突出，实践操作滞后或与理论知识衔接不畅，将导致学生实践能力不足，难以适应实际场景需求。

“训”与“教”的融合要求为理论知识提供配套的实验训练课程，巩固理论知识，培养实践动手能力和解决实际问题的能力。尤其是针对于部队联教联训学员侧重实操内容掌握。此外，大部分教学模式忽略了“创”这一环节，即先进科研成果对理论与实践课程的反哺，导致教学内容缺乏科学性和前沿性

[5]。“训-教-创”一体化教学模式通过将理论学习、实验实训和科创成果三环相扣，全方位培养学生的创新思维和综合能力。

3. 教学改革具体实践路径

3.1. 知识连通与渐进：体系化教学方法实践

将课程内容分解为多个独立但相互关联的模块，每个模块对应特定的知识点和技能点。这种教学方法能够帮助学生系统地掌握知识，同时便于教师根据学生的学习进度灵活调整教学内容。对惯性基自主导航技术课程内容采用“两环境 + 两系统”模式构建，紧紧围绕自主导航专业人才培养和作战运作能力转化，开展导航传感器技术教研环境建设、导航系统技术教研环境建设、应用仿真模拟系统和作战体系理论开发与典型仿真系统四个主体模块。四个主体项目分别在器件、系统、应用和体系层面开展建设，层层递进。

导航传感器技术培养学生掌握导航传感器工作原理的认知能力，通过样件实操帮助学生接触关键技术和性能测试，为学生提供基础理论支撑和基础元件实践平台。例如，在自主导航技术的激光陀螺传感器教学中，不仅要掌握激光陀螺基本原理，还需让学生亲身体验陀螺从装配到调试，从性能测试到装备应用的完整过程，使学生加深对仪器原理结构的认识，掌握正确的仪器应用与调试方法；导航系统技术培养学生对典型自主导航系统工作机理的认知能力，提供惯性导航系统、卫星导航系统、组合导航系统等各类系统实践平台。通过理论教学灌输学生数据解算、误差校正等知识点，通过实验实训帮助学生熟悉各种导航解算算法；应用仿真模拟系统提供典型军事应用场景，例如，飞行器作战、制导航弹作战、舰艇作战等，以“直通战场”的形式培养学生军事运作能力；作战体系理论开发利用前沿技术为学生模拟真实作战环境，培养学生的军事思维，帮助学生对现代战场形态变化有初步认知，同时锻炼学生在复杂场景下的决策能力和应变能力。

3.2. 分层施教：层次化教学方法实践

依据学生认知规律与军事导航技术的复杂程度，以体系化课程内容为载体，构建层次化的教学模式，为不同层次的教学对象提供针对性的教学内容。导航传感器技术和导航系统技术两个教学环节，着重介绍自主导航技术的基本原理、各类导航方法的特点与应用场景，面向于本科生和研究生学员，使学生对自主导航在军事领域的应用形成宏观认识，着力培塑创新思维和科技素养；应用仿真模拟系统面向任职培训学员和部队联教联训学员，聚焦于专业技术在新型军事装备、复杂战场环境下的前沿应用，如无人作战集群的协同导航、水下航行器的高精度导航等，引导学生在惯性基自主导航设备运用和保障能力中的培养，提高自主导航武器装备战斗力转化；导航作战体系理论开发面向高层次军事人才，符合未来信息化智能化作战对联合作战人才指挥能力培养的需求[6]。立足解决“导航装备分散独立、导航信息互通融合少、体系运作能力弱、对抗思维训练难”等问题，着力提高学生联合作战指挥能力。层次化教学模式具体课程设计见表1。

将体系化课程中的教学内容有针对性地分配给不同类型的授课对象，形成层次化、个性化教学模式，并不是破坏体系化教学目标，而是让授课对象学习的技术内容有重有轻。对于符合个人职业需求的技术内容加重施教强度，能够让学习者有重点的掌握知识。而对于体系内的其它技术内容减轻学习力度，在减轻学生学习时间成本的基础上，也能体系化的了解认知整个导航技术体系。

3.3. “训-教-创”协同：一体化教学方法实践

“训-教-创”一体化教学模式是一种将实践、教学、科创成果深度融合的教学模式。其核心在于打

破传统教学中理论与实践、科研与教学之间的壁垒,通过科创成果引领教学内容更新,以教学促进学生创新思维的培养,以创新实践反哺科研,形成良性循环。在自主导航与定位技术教学中,该模式具有实验实训、课程教学和科创成果三个方面的内涵,本小节先展示三个方面的课程目标与课程联系,见表2,再具体讨论各方面内容。

Table 1. The specific curriculum design of the hierarchical teaching mode

表 1. 层次化教学模式具体课程设计

授课对象	教学重点	能力塑造
本科生和研究生学员	导航传感器理论 导航系统理论	导航技术研发与应用
任职培训学员和部队联教联训学员	导航系统理论 应用仿真模拟系统 导航作战体系理论开发与实验仿真系统	导航装备作战应用与保障
高层次军事人才	应用仿真模拟系统 导航作战体系理论开发与实验仿真系统	导航体系作战指挥与决策

Table 2. The practical path of the integrated teaching mode of “Training-Teaching-Innovation”

表 2. “训-教-创”一体化教学模式实践路径

	课程模式	课程目标	“训-教-创”课程关联
训(实验实训)	仿真实验	1) 提升动手能力 2) 培养军事运作能力 3) 巩固理论知识	1) 为课程教学实时提供配套仿真实验 2) 依托科创成果提高学生动手能力
教(课程教学)	案例式教学 + 提问式教学	1) 体系化掌握导航与定位技术基础理论 2) 培养独立思考能力	1) 为实验实训教学和科创成果研发提供理论基础
创(科创成果)	前沿技术	1) 扩展国际视野 2) 培养科技思维	1) 科创成果以技术案例融入课程教学的案例式教学 2) 科创成果作为实验实训的前沿技术依托

3.3.1. 实验实训

理论知识是理解自主导航技术的基础,但缺乏实践教学,容易使学生陷入“纸上谈兵”的窘境。这促使自主导航技术人才不仅需要掌握深厚的专业知识,还需要掌握丰富的实践经验。为惯导基自主导航技术提供综合创新平台,该平台提供惯导基自主导航体系中的所有实验课程。课程建设可以从完善试验内容、更新设备资源、加强融合互通三个方面开展实验实训。1) 完善实验内容:设置由浅入深、由易到难、逐级递进的实验课程,如惯性导航技术,从光学陀螺传感器数据采集到惯性导航算法实现再到惯导制导实际应用仿真,使学生在实践中巩固理论原理,掌握系统流程。2) 更新设备资源:除了为学生提供诸如惯性测量单元、光学陀螺仪等与理论知识配套的仪器样件外,引入激光雷达、无人机、重力仪等先进设备,展示前沿技术设备的功能和试验案例,促进学生视野的扩展。为学生提供丰富的原理实验学习机会,帮助学生理解系统相关工作机理,如捷联式惯性导航系统课程提供数据接收、误差分析与补偿、对准标定、卡尔曼滤波等实验。并不断迭代更新原理实验内容侧重点。3) 加强融合互通:实验教学与理论、创新紧密结合,教师在理论课堂中引入以科创成果为导向的技术案例和实践应用为基础的应用案例,

在实践课堂中以最新科创成果为实践依托进行操作训练，避免学生技术实训与时代脱轨。实验课程具体设计见表 3。

Table 3. The experimental course design

表 3. 实验课程设计

	课程内容	课时安排	教授形式	评价标准
实验课程设计	考勤和课堂表现(30%)	90 min	PPT、视频	参与讨论、认真听讲
	仪器设备操作(25%)		根据实验指导书自主完成	完成指导书指定实验任务
	算法设计/处理软件使用(25%)	150 min	根据实验指导书自主完成	完成指导书指定实验任务
	实验报告(20%)		根据实验过程自主完成	报告记录清晰内容完整

3.3.2. 课程教学

为了防止学生被动听课、参与度低、难以深入理解和主动思考的窘境，教学方式开始发生转变。在 BOPPPS 教学模式开展课程建设，有利于学生自主学习和探索，培养批判思维和独立思考能力。以自主导航课程体系中的重力传感器技术课程为例，描述自主导航课程中的 BOPPPS 教学方式。

导入(Bridge-in): 为引起学生对自主导航技术课程兴趣，在导入环节利用视频图片展示该技术在军事案例中的精彩应用，比如俄乌冲突中匹配制导对重力测量技术的深度应用，再比如重力测量仪在南极中的勘测活动，直观地展示自主重力测量技术的魅力和重要性，激发学生积极性，为后续学习做铺垫。

学习目标(Objective): 根据层次化教学模式明确具体的学习目标，针对不同学生群体，学习目标也应有所区分。本科学历教育学员着重要求掌握导航传感器的基本原理和结构组成，研究生学历教育学员要求进一步掌握理论与分析，部队联教联训学员侧重导航传感器的实操内容和应用前景掌握，同时还可以满足军队高技术培训班学员参观见学要求。

前测(Pre-assessment): 前测环节主要用于帮助教师了解学生在自主导航与定位课程相关知识和技能方面的初始水平，通过学生的认知结构为后续教学提供针对性指导。教师可以通过讨论式教学模式完成前测。例如，引导学生自主讨论重力测量技术可能应用的场景，引导学生思考标量重力仪、矢量重力仪和重力梯度仪之间的区别。

参与式学习(Participatory Learning): 是 BOPPPS 教学模式的核心环节，也是惯导基自主导航课程教学的关键部分。在这一环节，教师设计多元化教学活动，让学生成为课堂主体。1) 案件式教学：通过视频和图片展示全球重力测量技术的发展历程、重力测量仪器类别、重力测量的国防应用[7]等。2) 实验教学：通过软硬件资源提升学生实践能力。例如，通过平台式重力仪和弹簧式重力仪精密设备，为学生提供动手操作机会，提供重力异常值改正、固体潮汐改正等原理算法加深学生对设备工作机理的理解。

后测(Post-assessment): 主要用于评估学生在自主导航与定位课程学习后是否达到预定的学习目标。可以设计与学习目标相关的评价工具，例如，重力事后处理软件可以评价学生实验过程中算法设计的准确性。教师布置与课程相关的实验报告，评估学生课堂听讲的情况。

总结(Summary): 教师将课堂归还给学生，将实操课程、讨论环节比例提升，但也需要对学生独立思考学习中遇到的困难和错处进行集中总结与讨论，这样有利于学生提升探索问题的深度与广度，并在讨论环节，不同学生的思想相互碰撞，拓宽思维边界[8]。可以采用思维导图或知识框架图等形式，加深学生对知识点的理解。

3.3.3. 科创成果反哺

传统课程教学与科技创新脱轨，学生难以接触学科前沿技术与创新方法，加之学生参与科研项目机会较少，前沿视野有限，这将难以激发学生创新意识。因此，科创成果反哺教学具有重要意义，主要通过将理论和实验课程与科创成果有机融合。在实验课程中，可以用科创成果进行实验教学设备资源的更新，方便学生利用最新研究成果进行工作机理的了解，有利于学生将基础知识和前沿技术有机融合，提高专业知识的应用转化。在理论课程中，将科创成果作为技术案例，激发学生专业兴趣。此外，对标不同国家不同时期的科研成果，有助于学生了解科研动态扩展国际视野。

4. 结语

本文围绕惯性基自主导航课程的教学改革开展探索，探讨了教学方法革新的必要性。本文提出体系化教学、层次化教学以及“训-教-创”一体化教学三大改革路径。体系化教学方法通过构建“两环境+两系统”模式，将课程内容分解为相互关联的模块，实现知识连通与渐进；层次化教学方法依据学生层次和需求构建分层施教模式，为不同对象提供精准教学内容；训教创一体化教学模式则强调实践、教学、科创成果深度融合，打破传统壁垒。为提高惯性基自主导航课程的教学质量，致力于学生综合能力的培养，提供了有效实施方案。

参考文献

- [1] 文晓宇, 易文安, 黄启军. 军事基础实践课程教学改革研究[J]. 军事高等教育研究, 2024, 47(3): 100-105.
- [2] 金伟, 黄华, 鲁大策, 等. 军事高等教育院校全领域、全过程教学督导工作方法研究[J]. 高教学刊, 2024, 10(8): 72-75.
- [3] 葛亚明, 李军. 实验教学内容体系化及分级化教学模式研究[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(1): 179-182.
- [4] 孙会琴, 孙丽华, 郭英军, 等. 新工科背景下电气专业核心课程一体化教学研究[J]. 中国现代教育装备, 2022(21): 90-93.
- [5] 赵悦, 周乃新, 刘健行. “导航原理”实验教学课程思政探索与实践[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2024(1): 15-17.
- [6] 吴涛, 吴福培, 包能胜. 知识探究导向的层次化教学方法研究与实践[J]. 高等工程教育研究, 2018(1): 146-153.
- [7] 吴继忠, 李明峰. 卫星导航定位课程教学模式创新的探索与实践[J]. 导航定位学报, 2022, 10(5): 198-202.
- [8] 巫俊强, 赵轩才. “智能+教育”背景下教学平台一体化建设研究[J]. 教育进展, 2022(7): 2386-2393.