

# 本研贯通式卫星导航人才培养模式研究与实践

高旺<sup>1\*</sup> 潘树国<sup>1</sup> 于先文<sup>2</sup> 赵庆<sup>1</sup> 夏炎<sup>3</sup>

1. 东南大学仪器科学与工程学院

2. 东南大学交通学院

3. 南京工业大学测绘科学与技术学院

DOI:10.12238/er.v8i3.5871

**摘要：**面向高素质卫星导航人才培养目标，论文分析了传统本研分离培养模式存在的主要问题，提出构建本研贯通式培养新思路，旨在形成一种从本科阶段到研究生阶段的无缝连接学习模式；建立课程思政引领、专业课程体系优化、实践创新能力培养三位一体的培养体系，为培养具有扎实专业功底和突出创新能力的高素质卫星导航人才提供思路借鉴。

**关键词：**卫星导航；本研贯通；人才培养

**中图分类号：**G41 **文献标识码：**A

## Research and Practice of the Training Mode of Integrated Satellite Navigation Talent

Wang Gao<sup>1\*</sup>, Shuguo Pan<sup>1</sup>, Xianwen Yu<sup>2</sup>, Qing Zhao<sup>1</sup>, Yan Xia<sup>3</sup>

1. School of Instrument Science and Engineering, Southeast University

2. School of Transportation, Southeast University

3. Nanjing University of Technology, School of Surveying and Mapping Science and Technology

**Abstract:** For the goal of cultivating high-quality satellite navigation talents, this paper analyzes the main problems existing in the traditional separation and training mode of this research, and proposes the new idea of comprehensive training, aiming to form a seamless learning mode from undergraduate stage to graduate level; establishes the training system of curriculum ideological guidance, professional course system optimization and practical innovation ability training, and provides reference for cultivating high-quality satellite navigation talents with solid professional foundation and outstanding innovation ability.

**Keywords:** Satellite navigation; Undergraduate-graduate integration; Talent training

## 引言

随着数字中国建设的快速发展，依赖于精准时空信息和定位服务的相关应用不断涌现，国家和社会对高素质导航定位专业人才的需求也日益增加。特别是2020年我国北斗三号卫星导航系统的正式建成开通，进一步激发了北斗在军事、交通、农业、电力、公众出行等行业和领域的深入应用<sup>[1]</sup>。与此同时，国家正在推动以北斗系统为核心的国家综合定位导航授时 (Positioning Navigation Timing, PNT) 体系建设，预计到2035年，将构建更加泛在、更加融合、更加智能的综合PNT体系<sup>[2-3]</sup>。在此背景下，培养高素质卫星导航专业人才对促进我国卫星导航领域技术创新、提升国家在全球PNT科技竞争中的地位、保障国家在关键领域的自主安全具有重要意义<sup>[4-5]</sup>。

卫星导航技术具有多学科交叉属性，涉及天文学、大地测量学、数字信号处理、误差处理等众多基础理论。同时，随着各导航系统的不断更新升级以及低轨导航卫星星座的

建设，具有新体制和新能力的卫星信号不断增加，卫星导航的知识体系持续丰富和发展<sup>[6]</sup>。这对卫星导航人才的技术适应能力和自主学习能力提出了更高的要求。此外，当前卫星导航技术应用场景正在不断扩展，面对新的行业属性或新的应用场景，需通过所学专业进行融会贯通、迁移应用。这就要求卫星导航人才不仅需要具备扎实的专业知识，还需具备能够解决实际复杂问题的创新能力，本质上对学生的周期和过程成效提出了较高的要求。

基于上述背景，本研贯通式培养模式旨在形成一种从本科阶段到研究生阶段的无缝连接学习和研究模式，其核心是将本科阶段的基础知识和实践训练与研究生阶段的创新研究紧密结合，形成一个贯通的、系统的培养体系，从而培养出具有扎实专业知识和创新能力的卫星导航人才。

## 1 卫星导航人才培养主要问题分析

针对新时代背景下卫星导航领域人才培养的特点和要求，课程组系统地开展了深入研究和分析，结合多年的教学

和研究生培养实践,发现传统本研分离式的卫星导航人才培养过程中存在以下主要问题:

1.1 基础知识学习侧重理论层面,掌握的程度浅、遗忘快。卫星导航定位课程涉及大量抽象的数理理论和复杂的公式,对学生的数学和物理基础要求较高。本科阶段的卫星导航课程学习,由于缺乏实际应用场景的支撑,学生往往难以深入理解理论知识的实际意义,导致知识掌握停留在表面,难以建立系统的知识框架。同时,学生对卫星导航技术的前沿技术理解不足,容易造成课堂知识学习程度浅、遗忘快,不利于为研究生阶段的学习建立有效的知识基础。

1.2 实践环节少,导致创新能力培养不足。卫星导航技术具有较强的工程实践属性,需要通过大量实践来巩固和深化理论知识。传统的不具备长周期培养视角下的卫星导航本科教学中,学生仅满足于课内作业和课程考试要求,缺乏系统的实践训练机会。这导致学生创新思维和实践能力的培养不足,难以将零散的知识点转化为解决实际问题的能力。特别是在面对实际复杂问题时,难以运用所学知识进行综合分析并解决问题。

1.3 跨学科融合不足,培养效率低。卫星导航专业知识具有较为显著的多学科交叉属性,知识体系跨度广,往往需要多个学科的协作;同时卫星导航系统和技术本身也在快速发展,知识体系需要及时更新和迭代。在本研分离模式下,学生往往缺乏跨学科的学习意识和系统化的解决方案能力,知识结构单一,且难以和未来的研究生阶段的学习形成有效衔接,影响了人才培养的连续性和系统性。

## 2 本研贯通式培养模式探索

针对上述问题,课程组根据国家和社会对卫星导航技术人才的需求趋势,从培养目标出发,开展了自本科至研究生阶段的贯通式培养模式的探索,具体包括以下三个方面:

### 2.1 强化课程思政引导,激发长期学习动力

依托学校课程思政建设,在本科阶段建立了《卫星导航定位原理与应用》课程思政在线案例库,在教学大纲中增加了“我国北斗卫星导航系统发展的艰辛历程”、“我国北斗卫星导航系统的特色优势”、“我国北斗卫星导航系统在2020珠峰测量中的成功应用”等思政案例,并引入课程组教师参与2020年珠峰测高北斗数据质量实时分析工作案例,让学生近距离感受北斗系统的国之重器属性。此外,积极邀请参与北斗系统建设的院士等行业专家进行专题报告,讲述一代代北斗人坚持自主创新、开放融合、万众一心、追求卓越的奋斗过程,激发学生积极弘扬并传承新时代北斗精神,引导学生树立长远学习目标和长期发展志向。

### 2.2 优化课程体系设计,强化知识融通整合

根据卫星导航具有多学科交叉和技术演进快的特点,完善课程体系建设。除卫星导航课程本身之外,引导学生充分

利用校内跨学科课程资源,选学相关课程,如测绘概论、导航概论、电子学、信号处理、误差处理理论、人工智能等。同时为丰富学习形式,对《卫星导航定位原理与应用》主题课程开展线上线下立体教学资源建设,解决传统课堂教学中讲述和互动时间有限,学生对知识吸收程度不高的问题。课程组建设了《卫星导航定位原理与应用》线上慕课,通过逐帧动画将抽象公式生动呈现,便于学生理解抽象知识点;通过合理知识体系构建,确保学习者可系统性学习重难点知识。与此同时,依托线上课程建设,形成线上线下互动教学模式:教师课前提供几个知识要点及问题,让学生先带着问题利用本课程的线上慕课资源进行自主学习;课堂上,老师以几个知识要点为主线,通过互动问答、小组讨论和案例分析等方式,增强学生的参与感在梳理各知识点之间的逻辑的同时,对学生理解不到位的知识点进行重点讲解;课后布置线上作业,让学生在在规定时间内完成。教师利用在线平台进行学习数据的分析,精准了解学生对知识点的掌握情况,及时调整教学计划和策略,提供个性化的指导。此外,通过课程交流群、慕课互动平台,支持师生间的即时互动和答疑,确保学生在学习过程中遇到问题能够及时得到反馈和解决。

同时,优化卫星导航课程的评价机制,实行多要素的课程考核。课程成绩主要包括4个部分,分别为平时表现、实践成绩、线上成绩、期末考试成绩。平时成绩主要由慕课学习记录、线上线下交流互动等因素组成;实践成绩主要由结合课程的实践性作业(如卫星坐标解算、标准单点定位解算)课程报告质量决定;线上成绩主要包括线上单元作业及线上阶段测验组成;期末考试成绩为期末线下闭卷考试所得成绩。通过对学生进行多方面的综合评估,要求学生做到知识的融会贯通,以此促进学生主动思考,梳理知识,构建完备知识体系。

### 2.3 系统化实践训练,构建贯通培养体系

为了建立高效的卫星导航人才培养模式,设计了包含课程思政引领、课程学习、本科生科研训练项目、学科竞赛、毕业设计等多要素的综合培养体系。科研训练方面,侧重在课程学习之余,加强实践锻炼和学科交叉知识的综合培养。具体而言,在本科生二年级和三年级阶段,依托本科生科研训练计划(Student Research Training Program,简称SRTP),进阶式设立卫星导航相关的科研训练项目,侧重对课程学习内容进行相应的实践能力补充,并同步培养利用多学科知识解决实际问题的能力。其中本科二年级的项目侧重了解卫星导航基本原理以及实际应用的探索,目标是走进卫星导航,培养对卫星导航的研究兴趣;三年级项目侧重基本定位算法的编程实现及数据分析,目标是掌握卫星导航的具体算法,并锻炼编程能力和数据统计分析能力。同时,依托“北斗杯”全国青少年科技创新大赛等相关科技竞赛,引导学生结合行

业和典型场景的实际应用需求，广泛调研和思考，锻炼创新意识。在本科毕设阶段，利用已有的专业知识能力，围绕未来研究生阶段拟开展的研究方向开展毕设撰写，从而能够充分利用大四学年时间，无缝衔接本科和研究生阶段的专业学习，为研究生阶段的专业方向深化打下坚实基础。

具体实施方面，要求参加卫星导航本研贯通培养计划的同学在本科期间做到“六个一”，即至少：聆听一次高水平学术讲座、翻译一篇高水平的文献、编写一个卫星导航数据处理程序、开展一次研讨报告、参加一项导航定位相关 SRTP 项目、参加一次卫星导航相关学科竞赛。结合相关课程学习，学生不仅仅接受知识的输入，更是要主动思考，进行知识的输出，进而实现知识的高效消化吸收，从而实现专业知识和创新能力的同步培养。与此同时，教师层面同步开展一系列保障措施，主要为：①日常开放校内实验仪器和课题组实验平台，如多台套卫星导航接收机、卫星导航基线检测场、卫星导航动态定位检测车、卫星导航与多传感器融合定位设备等，使学生开展实践训练具有充足的实验设备和实验条件；

②积极邀请校外专家尤其是企业知名专家进入课堂开展讲座，每年至少3人次及以上，侧重于工程应用及课堂教学内容外的知识，使学生有机会接触最新的行业发展和应用趋势，有效拓宽专业知识视野；③组织学生到校外典型卫星导航应用场景参观学习，如智慧交通、数字施工、航道导航、水利监测等相关部门，让学生直观了解卫星导航技术在实际工程的应用，增强工程实践认知；④积极组织学生参加各类 SRTP 项目实践，基于国家、省级和校级 SRTP 平台，结合各年级学习特点，教师结合自身科研实际，主动发布适合学生开展研究的项目指南，并全流程指导学生开展后续的具体项目研究；组织并指导学生参加“北斗杯”全国青少年科技创新大赛、全国大学生测绘学科创新创业智能大赛、测绘地理信息创新创业大赛等科技竞赛，鼓励学生在省级、国家级舞台上展示和交流创新实践成果，激发学生的创新意识和竞争精神。

总而言之，上述全流程、多方位的卫星导航本研贯通培养体系示意如图1所示。



图1 卫星导航本研贯通培养体系

### 3 结语

随着数字中国建设的快速发展，国家和社会对高素质导航定位专业人才的需求日益增加，要求卫星导航定位人才不仅需要具备扎实的专业知识，还需具备能够解决实际复杂问题的创新能力，这对卫星导航人才的培养过程提出了更高的要求。本文结合课程组多年的卫星导航教学和研究生培养实践，总结分析了本研分离模式下卫星导航人才培养存在的主要问题，提出了本研贯通模式的人才培养模式，旨在形成一种从本科阶段到研究生阶段的无缝连接学习和研究模式。通过课程思政引导、专业课程体系完善以及融合实践训练的全流程培养体系三方面具体举措，将本科阶段的基础知识和实践训练与研究生阶段的创新研究紧密结合，形成一个贯通的、系统的培养体系，以期为卫星导航高素质人才培养提供有益借鉴。

#### [参考文献]

[1]曲向芳.融入千行百业,赋能产业创新——《2024 中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》发布[J].卫星应用,2024,(09):52-55.

[2]中华人民共和国国务院新闻办公室.新时代的中国北斗[N].人民日报,2022-11-05(002).

[3]蔚保国,邓志鑫,张京奎,等.综合 PNT 应用服务体系:概念框架、技术路线与应用展望[J].全球定位系统,2023,48(04):3-11.

[4]章红平,王夏慧.我国卫星导航人才需求与研究生培养模式探讨[J].科技创业月刊,2013,26(11):111-113.

[5]黄观文,张勤,王利,等.“前瞻引领、创新驱动、实践提升”的卫星导航创新型本科人才培养体系构建与实践[J].测绘通报,2022,(01):173-176.

[6]蒙艳松,严涛,边朗,等.基于低轨互联网星座的全球导航增强——机遇与挑战[J].导航定位与授时,2022,9(01):12-24.

#### 作者简介：

高旺（1989年10月—），男，汉族，江苏宿迁人，博士，副教授，研究方向：卫星导航高精度定位

#### 基金项目：

东南大学教学改革研究与实践项目（2019-116）