

# 卫星导航定位技术教学和人才培养探讨

魏 娜

武汉大学卫星导航定位技术研究中心, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年12月12日; 录用日期: 2023年1月6日; 发布日期: 2023年1月13日

## 摘 要

随着全球卫星导航系统, 包括我国BDS系统、美国GPS系统、俄罗斯GLONASS系统和欧盟的Galileo系统的迅猛发展, GNSS系统服务模式已从传统的导航定位服务迈向高精度、实时、可靠、多样化的服务。在此背景下, 卫星导航定位技术本科教育和专业人才培养面临着诸多挑战。急需将卫星导航定位技术明确定位为一门独立的应用学科而非交叉学科, 解决缺乏专业教材、本科培养方案滞后于最新的技术等问题, 以进一步提高北斗专业性人才的培养质量。

## 关键词

GNSS服务, 本科生教育, 专业教材

# Research on the GNSS Undergraduate Education and Talent Training

Na Wei

GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan Hubei

Received: Dec. 12<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jan. 6<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 13<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

With the rapid development of the global satellite navigation satellite systems, including BDS, GPS, GLONASS, and Galileo systems, the traditional navigation and positioning services has been developed to the high-precision, real-time, and diversified GNSS services. In this context, there are many challenges for the undergraduate education and professional training in GNSS field. It is necessary to take GNSS technique as an independent applied discipline rather than an interdisciplinary discipline. Moreover, we need a complete set of professional textbooks and advanced undergraduate training programs for high-quality BDS professional talents.

## Keywords

GNSS Service, Undergraduate Education, Student Textbook

Copyright © 2023 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

全球导航卫星系统 GNSS (Global Navigation Satellite System)是为提供导航定位服务而发展的一类卫星系列,在经济发展和日常生活中发挥着越来越多重要的作用,逐渐成为国家空间信息基础建设的重要组成部分。卫星导航定位技术是指利用用户终端接收导航卫星发射的无线电信号,通过测量信号传播时间差,进行导航、定位和授时。与传统导航定位技术相比,卫星导航定位技术具有全球性、全天候和连续性等特点,能为用户提供精密的三维坐标、速度和时间。导航卫星不仅能够为用户提供全球高精度的导航、定位和授时,已广泛应用于车辆导航、海上舰船、航空与航天飞行器的导航,大地测量、石油勘探、精细农业、精密时间传递等领域,也是当前对地观测系统监测全球环境变迁的关键基础设施,对地球参考框架、灾害监测和环境变化监测具有重要的科学意义[1]。

## 2. 全球卫星导航系统的发展

卫星导航系统最初是为军事需求设计的[2]。随着冷战的结束,民用和商用导航的需求日益旺盛。世界各国纷纷开始发展独立自主的全球卫星导航定位系统,包括:美国的 GPS 系统、俄罗斯的 GLONASS 系统(Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema),欧盟的 Galileo 系统(Galileo Navigation Satellite System)以及中国的北斗卫星导航系统 BDS (BeiDou Navigation Satellite System) [3]。随着 GPS 和 GLONASS 系统的现代化,BDS 和 Galileo 系统的建设,全球卫星导航系统星座已由早期 30 颗左右的 GPS 卫星发展为近百颗 GNSS 卫星。与此同时,GNSS 卫星信号频率和类型也不断丰富,GPS 现代化已逐步提供第二民用测距码 L2C 以及第三频率信号 L5; GLONASS 未来将同时播发 FDMA 和 CDMA 信号以及第三频率信号 G3; BDS 已率先实现了全星座三频信号服务; Galileo 将播发四个频率的载波信号和 10 种测距码。各卫星导航系统致力于通过改善空间段、地面监测段的软硬件设施进一步提升空间信号精度和系统定位精度,包括配置更高性能原子钟、增加地面运控站的数量、优化定轨策略、提高主控站的信息网络安全等。同时,逐步提供精密定位服务,如伽利略系统将提供全球 20 厘米高精度服务, GLONASS 将提供区域 10 厘米高精度服务。

与此同时,导航定位服务从传统的导航定位服务向高精度、实时、可靠、多样化的 GNSS 服务发展。除了传统导航定位应用外,出现了很多全新的 GNSS 应用领域。例如基于海量的 GNSS 定位数据,可以利用统计方法和机器学习方法以揭示隐藏的模式,可以作为金融交易的时间戳,提供更为弹性的 PNT 服务,也可以用于同步大型空间分布式网络(包括互联网、移动通信网络、公共广播网络、电力网络、智能交通系统等),以及和人工智能和机器人技术结合起来的 GNSS 应用。中国工程院院士刘经南指出,定位、导航、感知时间本身就是自然进化产生的生物智能,智能时代的“5G + 北斗”可将 PNT 生物智能赋给机器和环境,使其产生能力,这就是人工智能[4]。基于“5G + 北斗/GNSS”的泛在测绘能力就是人类定位、导航、感知时间的智能基于现代技术的延伸,既是智能时代实现区域和广域乃至全球精确感知时空

事件和目标信息的关键基础设施，也是实现支持广域和全球智能协同控制的赋能技术。

### 3. 卫星导航定位技术教学改革

卫星导航系统的建设及其服务能力的提升吸引了大量知识渊博、技术娴熟且有能力的专业技术人才进入该领域。卫星导航技术学科正在蓬勃发展，但其本科教育仍然面临着诸多问题和挑战。首先，不少学者认为卫星导航技术不是一门独立的学科，是将某些基础学科应用于卫星导航中时逐渐产生而形成的应用体系，因此该领域内的知识结构比较庞杂，涉及多个学科，同时也比较零碎。卫星导航领域通常由来自不同学术教育背景的科研人员组成，包括数学、计算机、电子工程、大地测量学、地理和交通等学科，这些科研人员在大学教育中往往只接受了某一学科的基础和理论知识的教育，思维方式也具有所属学科的特点。虽然科研人员教育背景的多样性理论上是卫星导航学科发展的天然优势，不同学科固有的烙印会导致卫星导航领域整体的学术发展相对割裂、而且不够系统。这一问题在国外大学中尤为明显，这是因为外国大学规模有限，一般都没有独立设置卫星导航院系，卫星导航往往从属于电子信息、计算机等学科。因此，开设卫星导航定位技术方向的相关大学，需要在数学、统计学和计算机科学的基础上，将卫星导航定位技术作为一门独立的应用科学学科来看待，它应当具有独立的学科体系和理念，以便提高学术界对卫星导航学科的认可度。

其次，以弹性 PNT 为发展趋势的卫星导航定位技术也迫切需要科研人员具有全方位、多维度的知识结构，包括接收机硬件与芯片的研制、电磁波信号传播与接收技术、计算机与网络技术、人工智能技术、大地测量与地球物理学等等。因此，建立结构化、体系化、学科交叉的卫星导航技术结构化课程体系势在必行。美国的斯坦福大学、英国的帝国理工学院和诺丁汉大学等国际知名大学在这方面提供了很好的参考。针对各自学校课程范围有限的问题，他们充分利用国际上其他大学在卫星导航技术方面的优势，积极开设跨学校的线上专业课程教学，这些课程主要来自卫星导航领域科学家的最新学术成果。联合国外层空间事务办公室(UN OOSA)在这方面也取得了重要进展，目前在印度、摩洛哥、尼日利亚、约旦、墨西哥、巴西和中国(北京)开设了国际理学硕士学习课程。针对非导航技术应用潜在市场的扩张，逐步对原有的国际课程进行一些修订，以适应卫星导航人才培养的新需求。此外，还鼓励学生在重要国际会议上展示研究成果，通过与国际卫星导航专家现场交流掌握最先进的卫星导航技术。国际上著名的研究机构也会定期或者不定期地开设暑期学校，面向全球学生进行专业基础知识，以及专业数据处理软件的培训，并宣讲最新的科研成果。

相对而言，我国的卫星导航定位技术学科发展更为体系化。我国拥有卫星导航定位技术院系的高校有武汉大学、同济大学、中南大学、长安大学、北京航空航天大学、山东科技大学等。但是由于卫星导航定位技术是一门应用科学，其定义和内涵会随着卫星导航系统的发展，及其应用的逐步拓展而演变，因此培养方案需要适时进行更新和调整。固定不变的培养方案必定培养不出满足前沿科学研究和最新市场应用的人才。以武汉大学为例，导航工程专业的培养方案几经修改，目前包括《导航学》、《卫星导航原理》、《信号与系统》、《惯性导航原理》、《卫星导航算法与程序设计》、《组合导航》、《导航电子地图》、《模式识别与机器学习》等主干课程。新开设的课程例如《惯性导航原理》和《模式识别与机器学习》是为了满足目前日益增长的多源融合导航、自动驾驶等新兴应用人才的需求，受到了学生的广泛欢迎。虽然这些课程可以覆盖卫星导航定位技术的主要内容，但仍然面临着缺乏专业的教材和讲义、不同课程内容重复、新课程内容设置不够体系等一系列的问题。具体来说，新开设的专业课程往往是课程组老师对自己的科研项目和成果进行整理而成的课件，虽然是第一手的研究资料，但本科生教学更强调知识的完整性和体系性。在没有专业教材和讲义的情况下，学生只根据 PPT 来学习难免会产生“盲人摸象”的感觉，导致学生学习到的是零散的知识点，缺乏对整个学科系统性的全面认识。而且由

于没有专业教材和讲义，课程内容也不停更新，不同课程的教师无法及时沟通也不可避免导致不同课程之间出现部分重复的现象，进而导致很多课程的学生从相同和类似的基本概念学起。因此，急需集全国高校智力，针对卫星导航定位技术这一学科，编写一系列高质量的本科生专业教材。同时厘清各课程的教学范围，尽可能避免重复教学内容。

#### 4. 结语

随着全球卫星导航系统的迅猛发展，系统服务模式已从传统的导航定位服务迈向高精度、实时、可靠、多样化的 GNSS 服务。而卫星导航定位技术人才的培养相对滞后，国际上很多著名院校甚至没有独立的卫星导航本科专业。针对这一问题，我们对本科教育和人才培养提出了若干建议。

#### 参考文献

- [1] 程鹏飞, 杨元喜, 李建成, 等. 我国大地测量及卫星导航定位技术的新进展[J]. 测绘通报, 2007(2): 1-4.
- [2] 李征航, 张小红. 卫星导航定位新技术及高精度数据处理方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009.
- [3] 杨元喜. 北斗卫星导航系统的进展、贡献与挑战[J]. 测绘学报, 2010, 39(1): 1-6.
- [4] 刘经南. “5G+北斗”的意义, 路径和愿景[J]. 网信军民融合, 2019(11): 10-14.