

现代导航技术

课程编号：03113107

课程中文名称：现代导航技术

课程英文名称：Modern navigation technology

课程性质：核心专业课

开课学期：秋季

学分/学时：3/48

先修课程：理论力学、自动控制原理、惯性技术和实验技术与建模

适用专业/开课对象：控制科学与工程专业、仪器科学与技术

团队负责人：赵龙 执笔人：赵龙 核准院长：王磊

一、课程的性质、目的和任务

现代导航技术是一门国防高科技，在航天、航空、航海、导弹制导等领域得到广泛应用，是衡量一个国家科技水平与军事实力的标志之一。《现代导航技术》课程是一门具有国防特色的研究生课程，为控制类学科的研究生开设。通过本课程的学习，研究生应掌握惯性导航系统、卫星导航定位、地球物理场辅助导航、视觉导航和组合导航系统的结构、原理及分析推导方法，初步具备对惯性导航系统、组合导航系统、初始对准技术进行开发研究的能力，达到吸收、理解与局部创新的临界水平，培养学生发现和解决实际工程问题的能力。为研究生在导航、制导与控制领域的技术开发、科学研究打下基础，培养锻炼研究生科学的思维方式和分析方法，完善知识能力结构，增强学生的适应能力和创造能力，提高综合素质。

二、课程内容、基本要求及学时分配

第一章 概述（2 课时）

主要讲授导航的定义和作用，导航技术产生与发展过程、存在问题和进一步发展趋势和发展过程；讲述导航、制导与控制的关系；重点讲述导航技术的未来发展及需要解决的问题。

了解和掌握导航技术的发展过程、实际作用和未来需要解决的问题。

第二章 导航技术中的数理基础（4 课时）

主要讲授地球模型和相关导航参数，向量表示和向量运算，空间直角坐标变换关系、方向余弦矩阵微分方程、李群和李代数，以及二自由度陀螺仪的基本特性等；掌握坐标变换的原理和方法、姿态角的定义、微分方程的数值解、角动量定理、陀螺仪的基本特性。

掌握地球模型及导航参数、坐标变换原理、方向余弦矩阵微分方程、微分方程数值解法和陀螺仪基本特性。

自学内容：加速度计测量原理和方法、双自由度陀螺仪的动力学分析、光学陀螺测量原理和特性等。

实践环节：课内演示实验，学生自己动手演示单自由度陀螺仪进动性、双自由度陀螺定轴性和进动性的实物演示。

第三章 惯性平台与平台惯性导航系统（8 课时）

主要讲授平台的组成、作用和意义，平台的工作状态，单轴稳定平台的结构和工作原理、三轴稳定平台的结构和工作原理、舒勒摆的原理及其实现和惯性平台实现舒勒摆的可行性；主要讲授惯性导航系统中常用坐标系、惯性导航系统基本方程、平台惯性导航系统的实现方案、工作原理和平台惯导系统的力学方程编排。

掌握地球单轴稳定平台的结构和工作原理、三轴稳定平台的结构和工作原理、舒勒摆的原理及其实现，单轴惯性导航系统的组成和实现原理。

掌握惯性导航系统中常用坐标系间的变换、惯性导航系统三大核心公式、平台惯性导航系统的工作原理和力学方程编排。

第四章 捷联惯性导航系统（8 课时）

主要讲授捷联惯导系统的基本概念，捷联惯导系统与平台惯导系统间的差异及带来的问题，捷联惯导系统基本原理和力学方程编排，捷联矩阵的即时更新方法，捷联惯导系统实现的原理图和流程图。

掌握捷联惯性导航系统的工作原理、捷联惯导系统的力学方程编排和捷联惯导系统工作流程。

实践环节：阅读文献，设计并实现姿态和航向参考系统，包括程序流程图详细设计和讨论、程序实现并利用实际数据进行测试验证，PPT 展示汇报和综合报告。

第五章 惯性导航系统误差分析（4 课时）

主要讲授惯性导航系统的误差源、惯性导航系统的误差方程、惯性导航系统误差分析和传播特性及变化规律。

掌握惯性导航系统误差方程、惯性导航系统误差分析原理和方法 and 系统误差传播特性。

第六章 惯导系统初始对准（4 课时）

主要讲授惯导系统初始对准的目的、意义和分类，平台惯导系统初始对准过程和方法、捷联惯导系统初始对准过程和方法，低成本惯性导航系统初始对准过程和方法。

掌握平台惯导系统的对准过程和联惯性导航静基座初始对准过程和方法。

实践环节：阅读文献，用不同精度的惯导系统实际数据设计和实现捷联惯性导航系统静基座对准程序并进行测试验证，PPT 展示和综合报告。

第七章 无线电导航定位与卫星导航定位技术（8 课时）

主要讲授无线电导航技术的产生和分类、无线电导航定位的原理；讲授 VOR、罗兰 C、无线电高度、多普勒导航雷达和 WIFI 等典型无线电导航定位系统的工作原理；讲授卫星导航定位系统组成和工作原理，讲授 GPS、GLONASS、北斗和伽利略等卫星导航定位系统的工作原理及差异，讲授惯性/GNSS 组合导航原理和方程数学模型的建立。

掌握多普勒雷达导航定位的工作原理和惯性/多普勒雷达组合导航数学模型的建立；掌握卫星导航定位技术的工作原理和惯性/GNSS 组合导航系统的数学模型建立过程和方法。

实践环节：阅读文献，实现卫星星历计算、位置解算和惯导/GNSS 组合导航程序设计，PPT 展示和总结报告。

第八章 地球物理场导航及视觉导航技术（6 课时）

主要讲授地球物理场导航的目的和意义、地形匹配原理、地磁匹配原理、景像匹配原理；和地球物理场辅助惯性导航定位的原理；讲授视觉导航基本概念。

掌握地球物理场辅助惯性导航系统的数学模型和方法。

第九章 组合导航技术（4 课时）

主要讲授组合导航的目的和意义；掌握位置、速度组合和伪距、伪距率组合导航实现过程和组合系统校正原理及方法。

掌握组合导航系统数学模型优化和组合系统的实现过程。

实践环节：阅读文献，设计并实现惯导/GNSS 位置、速度组合导航系统程序，PPT 展示和总结报告。

三、教学方法

在教学过程中，以讲授为主、演示验证为辅，以案例教学、基于问题的教学、专题讨论和文献阅读等教学方法使学生掌握导航系统工作原理。

四、课内外教学环节及基本要求

为了强化本课程“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”的理论与实践相结合结合实际的特点，引导学生将所学的现代导航技术理论应用于科研实践和生产生活，在每一章都安排了实践环节，包括文献阅读、动手实践、导航程序设计与编写、实际工程数据测试和总结报告

撰写，详见每一章教学内容的“实践环节”部分。

五、考核方式及成绩评定

课堂作业、课程实践总结报告和期末考试，其中期末考试采用开卷考试。

六、教材和参考资料

教材：

- [1] 赵龙，惯性导航原理与系统应用设计，北京航空航天大学出版社，2020。
- [2] 张宗麟，惯性导航与组合导航，航空工业出版社，2000 年。
- [3] 以光衢，惯性导航原理，航空工业出版社，1987 年。
- [4] 袁信，俞济祥，陈哲编著，导航系统，航空工业出版社，1993 年。

参考资料：

- [1] 干国强，邱致和，导航与定位，国防工业出版社，2000 年。
- [2] 郭秀中，于波，陈云相，陀螺仪理论及应用，航空工业出版社，1987 年。
- [3] 张守信，GPS 卫星测量定位理论与应用，国防科技大学出版社，1996 年。