引文格式：涂晋升,李楠,李鹏,等.《导航电子地图》课程理论教学体系构建[J]. 地理空间信息, 2023, 21(7): 131-133. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.07.033

《导航电子地图》课程理论教学体系构建

涂晋升[1]，李　楠[1]，李　鹏[1]，王延霞[1]，邓岳川[1]，聂士海[1]
（1. 滁州学院 地理信息与旅游学院，安徽 滁州 239000）

摘　要：针对目前导航工程专业《导航电子地图》课程尚无参考书籍，理论教学缺乏经验、方向不明等问题，基于教学总结和过程改进，从导航电子地图绪论、坐标系、地图匹配技术、交通路网与POI采集、电子地图数据模型、拓扑关系、基于高德地图Map Lab的地图可视化分析、电子地图的空间分析、高精度地图、导航电子地图前沿技术10个方面构建了理论教学框架体系，为后续开设该课程的院校提供理论参考。

关键词：导航工程；《导航电子地图》；理论教学框架体系
中图分类号：P228.4　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）07-0131-03

Theoretical Teaching System Construction of *Navigation Electronic Map* Course

TU Jinsheng[1], LI Nan[1], LI Peng[1], WANG Yanxia[1], DENG Yuechuan[1], NIE Shihai[1]
(1. School of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

Abstract: At present, there is no reference book for *Navigation Electronic Map* course of navigation engineering specialty, and there are problems such as lack of experience and unclear direction in theoretical teaching. Based on the teaching summary and process improvement, we put forward a theoretical teaching framework system of this course from ten aspects, such as introduction of navigation electronic map, coordinate system, map matching technology, traffic network and POI collection, electronic map data model, topological relationship, map visualization analysis based on Map Lab of Amap, spatial analysis of electronic map, high-precision map and frontier technologies of navigation electronic map, which could provide theoretical reference for subsequent colleges and universities that set up this course.

Key words: navigation engineering, *Navigation Electronic Map*, theoretical teaching framework system

随着全球导航卫星系统（GNSS）的不断完善与发展，卫星导航技术逐渐服务于大众，成为当前的研究热点。为顺应市场对导航专业人才的需求，教育部设立了导航工程专业。导航工程作为一门新兴工程专业，涉及众多学科内容[1]。目前我国以武汉大学为首的少数高校开设了该专业，专业建设还在进一步探索中。部分高校教师对该专业教学进行了思考：郭斐[1]等分析探索了卫星导航数据处理方法课程的教学方法；徐晓华[2]等对卫星导航原理课程的初期建设进行了探讨，并分析了其与测绘工程专业GPS原理及其应用课程之间的关系；刘万科[3]等重点介绍了武汉大学建设卫星导航定位系列课程的举措与特色，为后续开设该专业的高校提供了建设思考；张万威[4]等以培养导航工程专业学生导航定位技术研发与应用能力为导向，设计并建立了卫星导航与嵌入式系统开发相结合的实验教学平台；余学祥[5]等针对人工智能时代环境下如何培养高质量导航专业人才进行了思考；吕鑫[6]等将基于学习产出的教育模式（OBE）以及构思、设计、实施、运行的工程教育模式应用于导航工程专业理论与实践教学体系构建中；吴云[7]等对最优估计课程教学方法进行了思考，并针对理论与实践教学方式进行了融合改进；于瑞航[8]等为解决导航工程概论课程知识量大、学生难以掌握等问题，对课程教学方式进行了改进；李鹏[9]等以工程教育专业认证标准为依据，基于OBE理念构建了滁州学院导航工程专业的课程体系；符强[10]等结合电子信息特色的办学特点和市场对导航工程专业人才的需求，探索了导航工程专业实验室的建设模式；阙佳鸿[11]等总结了导航工程专业传统实验教学模式存在的问题，提出了创新型综合性课程设计的教学方法；谢亚琴[12]等基于OBE理念的教育教学方法，从教学内容、教学模式和课程考核体系3个方面对卫星通信与导航课程教学改革进行了探

收稿日期：2022-04-14；修回日期：2022-08-05。
项目来源：安徽省“六卓越、一拔尖”卓越人才培养创新资助项目（2019zyrc105）；安徽省一般教学研究资助项目（2019jyxm0449、2020jyxm1984、2020jyxm1333）；滁州学院重点教研资助项目（2021jyz019）；滁州学院一般教研资助项目（2021jyc010）。
第一作者简介：涂晋升（1994—），硕士，研究方向为GNSS反射信号遥感，E-mail：tjsheng94@163.com。

索。上述研究对导航工程专业发展具有较强的推进作用；但导航工程专业涉及知识面广且难度大，多数课程的教学模式仍处于探索阶段。其中，《导航电子地图》作为导航工程专业特色鲜明的课程，尚无专业的参考书籍，理论教学体系构建较困难。目前，相关人员对该领域开展了研究，如赵政权[13]等设计了导航电子地图实习制作方案，采用不同教学方法和手段提升学生的专业综合能力；邓晓斌[14]基于Python语言，以百度地图为平台，构建了互联网兴趣点（POI）数据爬取方法框架，对《导航电子地图》课程教学具有一定的参考价值；涂晋升[15]等基于百度地图开放平台构建了《导航电子地图》课程实践教学方案。上述研究对《导航电子地图》课程实践教学具有一定的参考价值，但未进行理论教学研究。教师初次承担此课程时因缺乏参考资料，存在如何教、教什么等疑问。

鉴于此，本文根据教学总结和过程改进，提出了《导航电子地图》课程理论教学的整体框架思路，通过该思路扩展教学内容，使学生能更好地掌握该课程的基本知识。本文详细介绍了课程具体内容，可为后续开设该课程的院校提供前期教学的理论参考。

1 课程理论体系框架构建

通过对《导航电子地图》课程的理解与把握，本文通过教学过程中的不断总结与优化，提出了《导航电子地图》课程理论体系框架，总体包括导航电子地图绪论、坐标系、地图匹配技术、交通路网与POI采集、电子地图数据模型、拓扑关系、基于高德地图Map Lab的地图可视化分析、电子地图的空间分析、高精度地图、导航电子地图前沿技术10个部分。

1）导航电子地图绪论包括：①地图—电子地图—导航电子地图的联系，阐述导航电子地图基本概念；②导航电子地图软硬件架构，以高德和百度地图为例介绍具体组成；③拥有导航电子地图制作资质的企业，开拓知识面，让学生了解目前国内拥有制作资质的公司，可为后续就业提供选择方向；④导航电子地图制作专业标准，了解导航电子地图的内外业具体实施办法；⑤导航电子地图数据标准与格式，介绍数据格式，了解存储标准。

2）坐标系包括：①地球椭球，了解坐标系的建立过程；②WGS84与CGCS2000坐标系的区别与联系，了解导航定位中常用的坐标系统；③坐标系转换，介绍四参数、七参数坐标系转换方法，了解地图数据采集时需设置的坐标系参数；④导航电子地图坐标系类别，介绍火星坐标系的概念与来源，以高德、百度地图为例阐述导航电子地图中特有的坐标系。

3）地图匹配技术包括：①地图匹配技术概述，通过介绍GNSS定位误差源，阐述地图匹配技术的概念以及在导航过程中的重要性；②基于权重的地图匹配技术，以该技术为例让学生初步了解地图匹配过程；③地图匹配算法综述，介绍不同类型的算法，重点介绍基于隐马尔可夫模型的路网匹配算法思想及其实现过程。

4）交通路网与POI采集包括：①POI概念与采集方法，以高德、百度地图为例进行阐述；②导航电子地图道路分类与采集，通过介绍采集车对交通路网的分类采集过程了解导航电子地图中的道路采集手段。

5）电子地图数据模型包括：①数据模型设计基础，讲述如何将现实地理世界抽象为数据世界的过程；②电子地图数据特征，介绍电子地图的数据特点和基本组成；③空间数据表示方法，介绍空间数据的一般表示方法、不同几何特征类型的表示方法和空间关系的数据描述，该部分知识主要参考《电子地图集》等书籍。

6）拓扑关系包括：①拓扑的来源，结合橡皮几何学阐述拓扑的来源以及拓扑学的基本知识；②拓扑关系的概念，结合地图要素的抽象化描述，解释拓扑关系的概念与建立；③常见的拓扑关系，描述拓扑关系的形式和模型的存储；④导航电子地图中拓扑关系的意义，结合百度、高德地图中的常用功能，阐述拓扑关系在导航电子地图中的意义。

7）基于高德地图Map Lab的地图可视化分析。基于高德地图开放平台的Map Lab，在线对位置数据进行可视化展示与分析，从而了解地图可视化功能。

8）电子地图的空间分析包括：①空间分析概述，结合百度地图空间分析案例，讲解搜索与线路导航两大主要功能；②基本空间分析方法，介绍不同类别方法；③最短路径算法推导，以迪杰斯特拉算法为例，推导最短路径分析的实现过程。

9）高精度地图包括：①高精度地图基本概念，通过对比普通导航地图，介绍高精度地图概念；②高精度地图的应用，结合无人驾驶介绍具体应用；③高精度地图的挑战，结合目前国内高精度地图的使用现状，介绍其面临的挑战；④高精度地图制作，结合百度阿波罗地图采集方案，介绍高精度地图外业采集步骤和制作流程。

10）导航电子地图前沿技术包括：①在线增量更

新技术，详细介绍实时信息传输和增量更新在导航路径动态规划中的重要性；②室内高精度定位导航技术，面向现代用户对室内位置服务的需求，详细介绍室内定位技术在导航电子地图中的关键作用；③POI深度信息挖掘技术，详细介绍POI深度和动态信息的挖掘；④云导航技术，介绍如何采用云计算技术实现智能化导航应用；⑤地图实景导航技术，结合百度、高德地图，详细介绍实景影像在电子地图导航中的作用；⑥无人驾驶导航电子地图技术，承接高精度地图，继续介绍无人驾驶中三维激光扫描的关键技术。

2　课程建设重点对象与培养目标

2.1　课程建设重点对象

目前《导航电子地图》课程建设尚处于初期阶段，本文基于上述课程理论体系框架，主要从两个方面进行建设：①形成一本高质量完善的自编教材，即对上述理论体系框架内容进行扩充与优化；②基于自编教材，形成一套完善的教学辅导资料，如教学指导书、习题集、难点解疑、题库等。

2.2　课程培养目标

随着百度、高德地图的兴起，人们出行已然离不开导航电子地图，市场对导航地图研发人才需求较大。该课程主要面向导航工程专业学子，致力于培养拥有导航电子地图制作能力的专业技术型人才，通过理论与实践教学，使学生对导航电子地图的原理和应用有全面系统的了解，并能在实际工作中编制与设计导航电子地图，以便满足国家、社会未来的需求。

3　结　语

导航工程专业属于学科交叉性强的新兴专业，涉及的专业知识较广，理论与实践教学均处于探索过程中。《导航电子地图》属于其中一门特色鲜明的专业课程，因尚无参考书籍，理论教学方向难以把握。本文基于对该课程的教学理解与总结，从《导航电子地图》包含的基础知识、关键技术和前沿知识出发，提出了该课程的整体理论体系框架，扩展教学内容，使学生能更好地掌握《导航电子地图》课程的基本知识，为后续开设该课程的高校提供相关的理论参考。

参考文献

[1] 郭斐,刘万科,楼益栋,等. 导航工程专业卫星导航数据处理方法课程建设与思考[J]. 全球定位系统,2016,41(4):120-122

[2] 徐晓华,黄劲松,周晓慧,等. 关于建设导航工程专业卫星导航原理课程的思考[J]. 科教导刊,2013(36):108-109

[3] 刘万科,张小红,李征航,等. 卫星导航定位系列课程建设[J]. 测绘地理信息,2016,41(5):89-92

[4] 张万威,王甫红,郭斐,等. 卫星导航嵌入式教学实验平台建设与实践[J]. 全球定位系统,2017,42(3):99-102

[5] 余学祥,吕伟才,王虎,等. 人工智能时代下导航工程专业人才培养模式探究[J]. 现代信息科技,2019,3(22):194-196

[6] 吕鑫,郭庆彪,赵兴旺,等. 基于OBE/CDIO的导航工程专业教学体系探析[J]. 教育教学论坛,2019(13):224-225

[7] 吴云,姜晶,翟娟. 导航工程专业最优估计课程教学改革与思考[J]. 全球定位系统,2019,44(3):131-134

[8] 于瑞航,张礼廉,吴美平. “导航工程概论”课程的教学方法和手段探索[J]. 科教导刊(上旬刊),2020(4):130-131

[9] 李鹏,王延霞,邓岳川,等. 基于OBE理念的导航工程专业工程认证教育课程体系构建[J]. 榆林学院学报,2021,31(4):74-78

[10] 符强,任风华,赵中华,等. 导航工程专业实验室建设模式探索[J]. 高教学刊,2021(9):50-53

[11] 阙佳鸿,李保强.《导航工程综合性课程设计》课程建设及应用研究[J]. 科技风,2021(11):75-77

[12] 谢亚琴,宦海,王超. 工程教育专业认证背景下卫星通信与导航课程教学改革[J]. 高等工程教育研究,2021(3):104-107

[13] 赵政权,罗虹. 导航电子地图综合实习设计与实现[J]. 地理空间信息,2022,20(2):170-174

[14] 邓晓斌. 基于Python的互联网POI数据爬取[J]. 地理空间信息,2021,19(9):123-126

[15] 涂晋升,李鹏,王延霞,等. 基于百度地图开放平台的导航电子地图课程实践教学研究[J]. 导航定位学报,2022,10(2):191-194

（上接第92页）

[4] 耿晴,孙续锦,涂康.测绘科技档案信息化整理的探索和实践[J].地理空间信息,2022,20(4):154-157

[5] 冷炳荣,王英,刘清全.以空间为基础的政府数据开放共享探究[J].地理空间信息,2022,20(10):35-40

[6] 张莉,耿晴,詹伟,等.湖北省测绘成果分发与管理系统设计及实现[J].中阿科技论坛(中英文),2022(3):148-151

[7] 曾云华,曾睿,袁武彬.智慧新余时空大数据平台实景三维数据应用与展望[J].江西测绘,2019(4):42-45

[8] 谭仁春,李鹏鹏,文琳,等.无人机倾斜摄影的城市三维建模方法优化[J].测绘通报,2016(11):39-42

[9] 韩宇.基于旋翼无人机倾斜摄影测量的城市三维实景建模研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(4):175-178