引文格式：刘智敏,刘尚国,孔巧丽,等. 卫星导航定位课程基于证据启发的学习设计[J]. 地理空间信息, 2024, 22(1): 120-123. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2024.01.029

卫星导航定位课程基于证据启发的学习设计

刘智敏[1]，刘尚国[1]，孔巧丽[1]，苏　醒[1]，崔健慧[1]
（1. 山东科技大学 测绘与空间信息学院，山东 青岛 266590）

摘　要：核心素养是学生应具备的能适应社会和终身发展需要的关键能力和必备品格，实践创新是6大核心素养之一。随着“互联网+教育”的迅速发展，结合网络教育对卫星导航定位专业课程进行基于证据启发的学习设计，有益于培养学生的实践创新素养。以提高工程实践能力为目标，通过线上线下混合式教学下翻转课堂的讨论式、启发式教学方法对该课程的专业知识进行关联、融合、贯通，进一步应用于解决工程实践问题。经过3轮以上的教学实践，通过对比传统式、混合式等不同教授—学习设计发现，混合式教学下基于证据启发的工程案例学习设计有助于培养学生解决复杂工程问题的能力以及工程实践创新能力。

关键词：《卫星导航定位原理与应用》；混合式教学；基于证据启发的学习设计；工程实践能力
中图分类号：P228.4　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）01-0120-04

Evidence-informed Learning Design of the Global Navigation Satellite System Course

LIU Zhimin[1], LIU Shangguo[1], KONG Qiaoli[1], SU Xing[1], CUI Jianhui[1]
(1. College of Geodesy and Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: Core quality is the key ability and character that students should have to meet the needs of society development, and practice and innovation is one of the six core qualities. With the rapid development of “Internet+education”, the professional courses of global navigation satellite system are designed based on evidence-informed in combination with Internet education. Aiming at improving the engineering practice ability of students, we used the discussion and informed teaching method of online and offline hybrid teaching to relate, integrate and connect the professional knowledge, to help the students to able to be effectively used to solve the engineering problem. After more than three rounds of teaching practice, compared with the traditional and hybrid learning designs, we found that the engineering evidence-informed learning design under the hybrid teaching was not only helpful to cultivate students’ ability to solve complex engineering problem, but also beneficial to the improvement of students’ practical innovation ability.

Key words: *Principle and Application of Satellite Navigation and Positioning*, hybrid teaching, evidence-informed learning design, engineering practice ability

2016年9月《中国学生发展核心素养》颁布，以培养“全面发展的人”为核心，突出文化基础、自主发展、社会参与3个方面，包括人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当、实践创新6大素养。核心素养是学生应具备的能适应社会和终身发展需要的关键能力和必备品格。在“互联网+教育”在线教学新常态的时代背景下，强化网络在线课程建设，对金课“两性一度”目标以及卫星导航定位原理等测绘类专业课程进行了教学设计与探讨，取得了一定的研究成果[1-5]；进一步结合培养工程实践能力的理论与方法有利于课程教学方法的设计。20世纪20年代美国著名统计学家Shewhart W A提出了“计划—执行—检查”（PDS）的概念，质量管理专家戴明将PDS循环进一步发展为“计划—执行—检查—处理”（PDCA），即戴明环[6-7]。结合我国教育实际，将学习过程（逻辑思维培养过程）简化为不断学习与持续改进的“计划—执行—检查—改进”循环反复的4个步骤，这与工程教育专业认证的持续改进相一致。1946年美国学者、著名的学习专家爱德加·戴尔首先发现并提出了学习金字塔，即学习者采用不同的学习方式，在两周以后还能记住内容（学习内容平均保持率）的百分比。保持度低的听讲、阅读、视听、演示等学习方式

收稿日期：2022-11-29。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41704015）；山东省本科高校教学改革研究资助项目（M2021112、Z2016M002）；山东科技大学教学研究重点资助项目（QX2021ZD04）；山东科技大学教学名师培育计划资助项目（MS20221102）。
第一作者简介：刘智敏（1975—），博士，副教授，从事GNSS理论及应用研究与教学工作，E-mail：liuzhimin@sdust.edu.cn。

属于被动学习范畴，其中听讲、演示与传统教学相符，阅读、视听与线上教学相符；而讨论、实践、教授给他人、线上线下混合式课堂模式[2,4,8]等保持度高的主动学习方式被广泛采用。自20世纪末循证医学兴起以来，掀起了一场浩浩荡荡的“循证实践运动”，其中基于证据启发的学习设计以学习科学领域的研究发现为基础，指导教师为学习者进行学习设计[9-10]，基于对教育规律的理解实施教学活动，达到“知其然，知其所以然”的程度，能促进师生以有效、高效和愉快的方式完成教学任务。基于协作认知负荷理论[10]，协作学习情境有助于小组学习者之间形成集体式的工作记忆；且协作学习的社会性将影响学习者认知架构中认知负荷的产生，引发认知负荷的分配优势和交流成本等新的学习机制，有助于提升学习者的学习质量，为教师有效进行协作学习设计提供了科学证据。《卫星导航定位原理与应用》是测绘类专业的主干课之一，应合理利用线上资源，激发学生主动思考，通过基于工程实践的课程学习设计，使学生在工程实践能力上得到锻炼，以提高解决复杂工程问题的逻辑思维能力和工程实践创新能力。

1　课程的学习设计

山东科技大学测绘学院的《卫星导航定位原理与应用》课程一直是测绘类专业核心课程，随着测绘与空间科学技术的发展，先后进行了课程教学内容体系的整体优化、教学方法改革、程序专题和案例教学设计、课程试题库建设、探讨讲座责任制教学改革、探索讨论式授课[2,11-12]，以提高学生自主学习研究和实践的能力。该专业在2014年、2017年两次通过中国工程教育专业认证，基于OBE导向的课程教改对课程目标达成度起到积极作用；2018年在线开放课程在超星等平台上线，以线上线下混合式授课；近年来进一步在教学环境、协作认知[10,13]专题案例设计、整合支架[9]等方面进行学习设计，包括课程教学设计和专题案例设计等，以达到培养学生实践创新素养、提高工程实践能力的目的。

1.1　基于学习金字塔和PDCA循环的课程设计

《卫星导航定位原理与应用》课程以超星学银平台的自建线上课程为支撑，基于PDCA循环（图1），采用线上线下混合式教学进行小班授课。在教学过程中，课前进行线上视频等资源的学习，预习课上知识点；课堂上基于学习金字塔（图2），智慧教室的圆桌式分组座位能有效提供协作学习环境，教师采用启发式讲授、整合关联知识点与应用、分组讨论等方式进行案例分析，深入学习研讨、阶梯式引导列举工程案例，鼓励学生上讲台讲述小组讨论的专题，打造高效课堂，促进自主性学习，并在对应理论课后有序安排实验实践课，有利于理论付诸于实践，提高学习掌握度；课后布置公式推导、专题程序设计与文献查阅等开放式作业，以小组为单位讨论合作完成，在下次课堂上由学生讲述、教师点评分析。

根据课程中每章的课堂学习表现和各组完成案例程度，对教学进度、方法等进行调整；同时评估每组的学习效率，提醒成绩落后的小组；在课堂上的质疑解答中有所侧重，通过启发和引导得出正确解答，使学生感受到学习带来的成就感，同时通过专业课培养学生主动学习、协作讨论、解决问题的能力。课程结束后通过考试、调查问卷、督导同行评价、学评师等进行课程“学与教”的评价，及时发现教学中的问题并提出改进措施，以便在下一轮课程教学中进行改善。

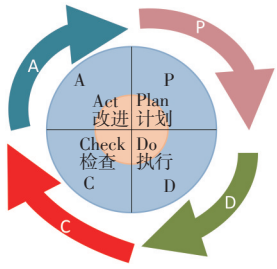


图1　PDCA循环法

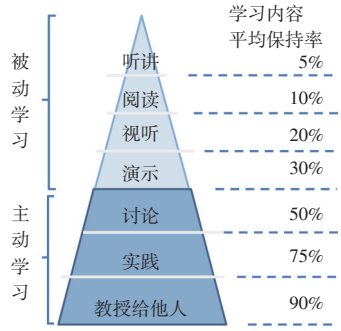


图2　学习金字塔

1.2　基于证据启发的工程实践能力学习设计

《卫星导航定位原理与应用》是一门理论与实践并重的专业课程[2-3,5]，以卫星导航定位（GNSS）项目设计实施和管理为导向，建立基于证据启发的BDS/GNSS专题案例设计，有助于培养学生解决复杂测绘问题的工程实践能力[13-14]。《卫星导航定位原理与应用》课程的专题案例设计见表1，根据社会对测绘专业人才的需求和课程大纲要求，考虑到个性化培养，基于证据启发的实践（图3），设计了必做和选做任务，通过在线问题导向学习发布、小组讨论完成，使学生多方面能力得到锻炼：从外业仪器操作到内业编程或软件处理；项目中遵守专业规范、仪器操作和数据处理过程中严谨的科学态度和积极解决专业问题的责任心；小组内的团结协作、小组之间的竞争与交流、师生之间的质疑与解疑；网络等多途径解决问题的创造意识；项目设计、总结报告的规范书写与专业术语表达、逻辑思维综合素养等。

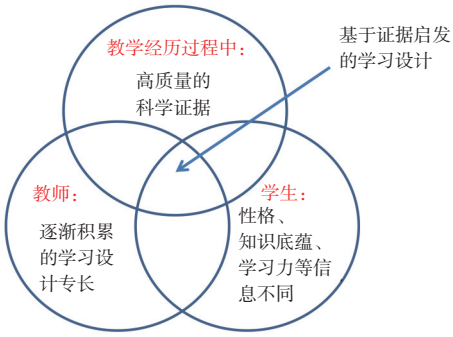


图3 基于证据启发的学习设计

表1 《卫星导航定位原理与应用》课程专题案例设计

工程实践任务	对应章节内容	实践能力锻炼要点
时间系统之间的转换，坐标系之间的转换（选做，大地测量学课程重点之一）	GNSS定位的时空基准	时间基准的知识关联与应用，空间基准的知识关联与应用，程序设计训练，为后续任务打基础
利用广播星历计算卫星位置，并利用精密星历计算卫星位置（选做）进行验证	GNSS卫星定轨基础、卫星信号与星历	广播星历、卫星定轨基础知识的关联与应用，下载GNSS官网上的ICD计算卫星位置，精密星历的内容、格式应用，下载精密星历采用插值或拟合方法计算卫星位置（高等数学、数值分析知识应用于工程），程序设计训练，为后续任务打基础
双频/三频组合的电离层延迟改正（选做）	GNSS误差源	误差项电离层延迟的理解，公式推导等逻辑思维的锻炼，用于消除电离层影响的虚拟观测值组合，解决电离层延迟误差项问题
测码伪距单点定位程序设计与实现	GNSS定位方法	测码伪距单点定位方法与误差源改正、上述任务的知识关联整合与应用，高等数学泰勒级数展开、测量平差的最小二乘理论等课程知识关联与应用，循环、判断等程序设计的逻辑思维训练
GNSS控制网设计、实施与数据处理	GNSS测量的技术设计及其外业实施、内业处理	静态相对定位、控制网设计等知识的关联与应用，与实验结合，进行工程设计、外业数据采集、内业数据处理的项目整体性训练；结合相关规范要求，进行外业、内业实施，并完成项目总结报告，提供材料；所学知识综合性应用，从工程项目角度考虑，实现满足精度要求下的设计方案最优化

2 教学模式对比

对线上教学（2020年疫情原因开展了一学期的纯线上课程）、平行班传统教学（线下课程）和线上线下混合式教学等方式进行对比分析，将知识、能力、素质等方面培养的课时比对应课程达成度（表2）。达成度评价包括课程成绩以及生产实习中学生完成的有效度考核，结果与学习金字塔的效果一致。从素质培养来看，传统教学通过教师的言传身教，对培养学生的严谨治学等科学精神成效明显，由于基础知识讲授占用了课堂一半以上的时间，缺乏更多的案例研究投入，导致学生自主思考和实践创新的锻炼不足；线上教学有助于学生合理安排时间进行线上学习，促进了自学意识，但缺乏与教师面对面的质疑答疑、实验实践等环节，导致科学精神等感知的空白、知识灵活运用于实践创新环节薄弱；混合式教学能激发学生充分利用课下时间进行线上自主学习，既预习了课程基本知识，又创造了自主学习、深度学习的契机，且为师生在课堂上提供了充裕的时空环境进行知识关联、讨论和案例实践等深加工，有效提升了实践创新素质。

随着社会对专业人才全面发展的迫切需要，高校为了提高学生的专业知识、能力、素质培养的达成度，不断进行教学改革，在教学评价与考核上越来越注重过程性考核和评价多元化。该课程的成绩评定分为过程性评价（50%）和终结性评价（50%），过程性评价包括线上学习、课堂讨论等平时成绩和实验；终结性评价以线下结课闭卷考试为主，主要通过案例分析等综合题型考核知识的深入理解、灵活运用和解决专业复杂问题的能力。在教学改革实践成效上，通过几轮的教学效果分析，混合式下基于证据启发的学习设计使学生课程成绩优良率达到45%以上，有效提升了学生对知识的掌握度和解决专业问题的能力。

表2 教学模式对比

教学模式	知识		能力			素质培养有效程度			能力培养课时投入比	课程达成度
	基础知识	知识联系	分析讨论	解决问题	综合设计	科学精神	自主学习	实践创新		
传统教学	50%	20%	10%	10%	10%	较高	中等	偏低	50%	中等
线上教学	80%	20%（线上平台测试、作业、讨论等）				偏低	较高	偏低	20%	偏低
混合教学	20%（课下在线学习为主）	30%	20%	15%	15%	较高	较高	较高	80%	较高

3 结 语

《卫星导航定位原理与应用》课程作为测绘类专业的一门理论与实践并重的核心课程，对培养测绘类人才的工程实践能力具有重要作用。结合GNSS新发展和“互联网+教育”的普及化[15]，有效利用在线教学

和翻转课堂，进行混合式下基于证据启发的学习设计，有助于培养学生的工程项目技术设计、外业数据采集、内业数据处理、软件二次开发和项目管理等实践创新能力；同时从单一知识和技能，到知识关联、合理分析、综合应用解决问题等学习创造过程，通过PDCA循序渐进地提高了课程学习的高阶性；潜移默化地培育了学生严谨治学、实事求是的科学精神、实践创新等核心素养。

参考文献

[1] 李二珠,康建荣,张莲蓬. 卫星+AI时代遥感专业模式识别课程的教学实践与改革[J]. 测绘通报,2021(2):157-160

[2] 刘智敏,独知行,刘尚国,等. “GNSS测量与数据处理”线上线下混合式教学改革与实践[J]. 测绘工程,2022, 31(6):76-80

[3] 吴有龙,徐楠,于继明,等. 卫星导航原理与应用课程可视化教学方法[J]. 实验室研究与探索,2019,38(2):163-166

[4] 刘尚国,于胜文,王喜芹,等. BTEC理念用于工程测量学实践教学之初探[J]. 测绘通报,2011(11):88-90

[5] 王广兴,李玮,张绍成,等. 测量学课程中“GNSS技术与应用”的教学研究与实践[J]. 测绘通报,2019(2):144-146

[6] 詹姆斯·埃文斯,威廉·林赛. 质量管理与卓越绩效(第9版)[M]. 北京:中国人民大学出版社,2016

[7] 川原慎也. 精益制造: PDCA精进法[M]. 北京:东方出版社,2017

[8] 刘智敏,独知行,于胜文,等. 思维导图方法的教学实践[J]. 测绘科学,2016,41(9):186-190

[9] 蔡慧英,卢琳萌,董海霞. 基于证据启发的学习设计:让教师教学站在理解教育规律的基础上[J]. 现代远程教育研究,2021,33(4):11-19

[10] Kirschner P A, Sweller J, Kirschner F, et al. From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory[J]. International Journal of Computer-supported Collaborative Learning,2018,13(2):213-233

[11] 李征航,黄劲松. GPS测量与数据处理(第三版)[M]. 武汉:武汉大学出版社,2016

[12] 孔巧丽,韩李涛,刘智敏,等. GNSS实验室仪器设备信息化管理设计与实现[J]. 实验室研究与探索,2015, 34(6):236-239

[13] 张宇婷,秦健,邵梦秋. STEM教师能力提升模式探究:以基于AI KIT的AI探索赛为例[J]. 中国教育技术装备,2022(4):22-25

[14] 罗昆,张廷龙. 创新创业教育与专业教育融合的模式、路径与实践:基于“三螺旋理论”的视角[J]. 山东科技大学学报(社会科学版),2019,21(5):103-108

[15] 罗华陶. 疫情冲击与战略调整:高等教育普及化阶段的挑战与前瞻[J]. 大学教育科学,2021(4):46-53

(上接第119页)

和唯一码的唯一性检查，利用匹配工具，对名称字段和唯一码字段进行匹配，输出相同名称或唯一码的地址（图3）。户室匹配楼址字段检查，利用属性融合工具FeatureMerger将楼址的UUID与户室地址的LID进行关联，以户室地址为节点进行输出；对于挂接到户室地址上的楼址字段，比对其本身的地址字段，检查户室地址的地址字段是否完全包含楼址的地址字段。



图2　网格属性聚合赋值



图3　名称唯一性检查

3　结　语

标准地址库在线数据自动化质检改变了数据的检查方式，节约了人力和时间成本，同时支持数据在线、离线两种质检模式，解决了多源数据中数据不统一、标准不统一的问题，提高了数据质量，解决了数据遗漏、分类错误、空间匹配错误、地址错位、分节错误等问题。随着标准地址库质量的提升，将进一步促进基层社会治理科学化、精细化、智能化水平。

参考文献

[1] 李建斌. 县域数字城市地理空间框架建设研究:以蕉岭县为例[J]. 地矿测绘,2015,31(3):40-43

[2] 陈超益,汝虎,焦超锋. 统一地址赋能社会治理的关键技术[J]. 测绘通报,2021(6):134-138

[3] 陈明洁. 上海市标准地址库建设与应用研究[J]. 测绘与空间地理信息,2017,40(3):86-89

[4] 陆生强,彭静,陈婷. 地名地址协同审批的研究与实践[J]. 地理空间信息,2022,20(1):122-123

[5] 袁园. 标准地址库系统的设计与实现[J]. 地理空间信息,2009,7(6):113-115

[6] 郭丽,祝士杰. 标准地址共享服务平台的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(10):175-177

[7] 李莉,丁忆,周建. 重庆市标准地址模型与地址库研究与实践[J]. 地理信息世界,2014,21(4):83-88