

电子测量实验课程教学改革与探索

万云霞¹ 千承辉¹ 孙慧慧^{1*} 易晓峰^{1,2} 田宝凤^{1,2}

(1. 吉林大学仪器科学与电气工程学院, 长春 130000)
(2. 国家地球物理探测仪器工程技术研究中心, 长春 130000)

摘要:原有电子测量实验课程存在验证性实验多、综合性设计型实验少、与前沿理论联系不紧密、实验平台缺乏等问题,无法满足课程培养目标。针对上述问题,构建了“基础实验+综合拓展+科研引导”的递进式多层次实验课程体系;引入翻转课堂提升实验教学效果;研制开放式实验教学平台,支撑多层次个性化课程内容。应用表明,该课程体系提升学生应用前沿技术解决实际问题能力,锻炼学生创新思维。

关键词:电子测量;递进式多层次实验课程;课程改革

中图分类号:TN82;G642.0

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2023)03-0000-00

Teaching Reformation and Exploration for Electronic Measurement Experiments

WAN Yunxia QIAN Chenghui SUN Huihui YI Xiaofeng TIAN Baofeng

(College of Instrumentation & Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130000, China; National Engineering Research Center of Geophysical Exploration Instruments, Jilin University, Changchun 130000, China)

Abstract: The original electronic measurement experimental courses have many problems such as more verification experiments, less comprehensive design experiments, poor connection with cutting-edge theory, and lack of experimental platform, which cannot meet the training goals. In view of the above problems, a progressive multi-level experimental curriculum system of “basic experiment + comprehensive development + scientific research guidance” was constructed. Introducing flipped classroom to improve the effect of experimental teaching. An open experimental teaching platform has been developed to support the multi-level personalized course content. The application shows that the curriculum system improves students' ability to apply cutting-edge technology to solve practical problems and exercises students' innovative thinking.

Key words: electronic measurement; progressive multi-level experimental course; curriculum reform

电子测量实验课程是吉林大学测控技术与仪器专业大三学年的专业实验课程,是在学习了电路分析基础、模拟电子技术、数字电子技术、嵌入式技术、数字信号处理技术专业课程的前提下,综合多门课程开展信号与系统的测量、电子测量仪器的设计^[1]。同时,该门课程地开展也为后续智能仪器、虚拟仪器的学习打下了理论与实践基础,是一门承前启后的专业实验课程。在2013版实验教学大纲中,实验内容的设置缺少体现前沿技术发展的时代特征,前沿理论知识与实验体系衔接不够紧密,综合性、探究性实验比例较低。缺少配套的实验教学平台,无法支撑多层次个性化实验内容体系。因此,在2018版实验教学大纲修订之时,充分考虑了理论知识前沿性与专业基础性兼顾的问题,增加了

综合性、设计性实验项目的比例,同时引入科研与工程实际问题开展实践探索研究,提升了课程的高阶性和创新性。在教学方法的创新方面,引入计算机辅助设计方法弥补硬件平台资源的不足,通过翻转课堂等方式践行“以学生为本”的教学理念,充分调动学生的积极性与参与度。应用电子测量与电子设计技术,基于基础性、探索性实验项目,自主研发实验平台,满足学生的探究式学习需求。在科研案例分享与实验过程中,注重社会主义核心价值观的渗透,激发学生科技报国的爱国主义情怀^[2]。

1 递进式多层次实验课程

电子测量实验课程是一门操作性、实践性很强的课程^[3-4],不仅要求学生熟练操各种电子测

收稿日期:2021-10-20;修回日期:2022-05-17

基金项目:吉林大学2019年实验技术项目(409020720144);吉林大学2019年本科教学改革项目(2019XYB229)

第一作者:万云霞(1980—),女,博士,正高级工程师,主要从事频率域电磁探测仪器的研究工作,E-mail:wanyx@jlu.edu.cn

通信作者:孙慧慧(1984—),女,硕士,工程师,主要从事控制系统及信号处理的研究工作,E-mail:sunhuihui@jlu.edu.cn

量设备,同时也要培养学生针对不同测量对象完成测量方案设计的能力,还要有相当一部分学生需要掌握电子测量仪器的工作与设计原理,具备综合设计的能力。因此,实验教学内容需要“厚基础,重前沿,多层次”,注重知识体系的思想性、科学性和时代性,加强实验内容向科研、工程领域的延伸^[5]。在实验教学过程中,首先对学生进行基础实验操作的指导,重点进行常用电子测量设备的使用培训及验证性实验;在此基础上利用计算机辅助分析软件及自制实验教学平台开展综合性拓展实验;通过科研案例分析、工程问题引入等方式为学生接触前沿技术、解决实际问题提供有效途径^[6]。图 1 为实验课程内容。

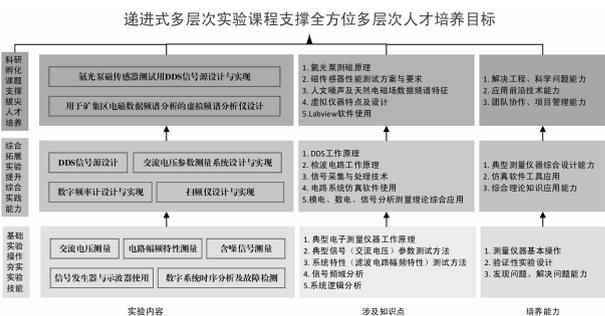


图 1 实验课程内容

1.1 基础实验操作夯实实验技能

电子测量仪器的操作技能是进行信号测量及仪器设计的基础。因此,首先对学生进行电子测量仪器的操作培训与基础验证实验的指导。通过这个过程,学生掌握利用信号发生器、频率计、示波器、扫频仪、频谱分析仪、逻辑分析仪等基本测量设备进行信号参数测量及系统测试的方法。表 1 所示为电子测量实验课程基础实验部分。实验内容涉及理论课程的基本知识点,用于夯实理论、实验基础。

通过以上 5 个基础实验的训练,学生初步掌握了电子测量仪器的使用,同时也完成了一些基本信号和系统的参数测量,对电子测量过程有了一定的了解,为后续的综合拓展实验打下了坚实的基础。

1.2 综合拓展实验提升综合实践能力

“学以致用”是科学研究的最终目的,综合拓展部分引导学生在掌握基本实践技能的前提下应用所学理论及实验技术,以解决实际问题为目标,完成综合性实用系统设计。从方案论证、仿真调试到实物连接,结合计算机辅助设计软件和自制实验教学平台自主完成仪器设计,提升综合实践能力。如图 2 所示为综合实验内容及涉及到的专业课程。

表 1 电子测量实验课程基础实验部分

序号	项目名称	实验内容
1	信号发生器与数字示波器的应用与信号测量	1、典型信号的产生与测量。 2、信号发生器与示波器的阻抗匹配问题。 3、数字示波器的校准。 4、李沙育图形的显示。
2	交流电压的测量与误差分析	1、信号发生器和数字万用表测量标准交流电压信号参数并进行误差分析。 2、掌握数字万用表的检波方式及非正弦信号参数测量与转换关系。
3	电路幅频特性的测量	1、“逐点法”完成实验平台中带通滤波器的幅频特性曲线绘制。 2、网络特性分析仪绘制带通滤波器幅频特性曲线。
4	含噪信号的测量与分析	1、利用信号发生器产生带有噪声的含噪信号; 2、利用频谱分析仪进行噪声频谱分析; 3、调整频谱分析仪参数,感受频率分辨率的变化对频谱分析的影响; 4、选择不同的窗函数,感受频谱泄露的程度。
5	数字系统时序分析及故障监测	1、实验平台提供一个半开放式的测频单元,学生自行设计电路,实现频率测量; 2、利用逻辑分析仪对测频单元时序进行观察; 3、判断信号时序输出是否正常,如果时序不正常,自行检查连接电路,排除故障; 4、故障检测。设计一个故障(通过连接错误接线或拔掉某根电线),利用逻辑分析仪观察时序是否符合预期故障。

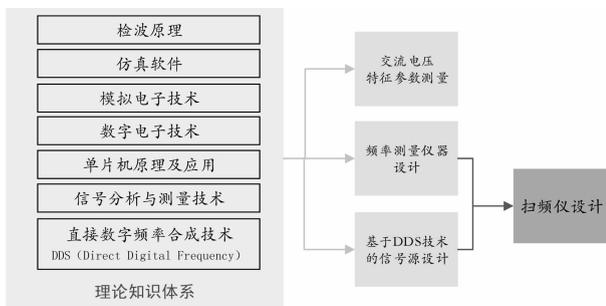


图 2 综合实验内容

基于 DDS 技术的信号源设计实验中涉及模拟电子技术、单片机技术,仿真软件应用及直接数字频率合成技术等,学生利用自制实验平台提供的 DDS 模块及外围资源,通过编写程序、调试,完成波形、频率、幅值可调的信号源设计。与“电路设计-焊接-程序调试”的传统实践训练方式相比,工作效率高,电路系统稳定。学生不必花费太多的时间用于检查硬件,可以投入更多的精力进行功能的开发与完善。

交流电压特征参数测量是模拟测量技术的典型代表^[7],一般的实验都是通过万用表实现。常用的万用表属于均值电压表,无法直接测量非正弦信号,并且测量结果存在很大的误差^[8]。为了让学生扎实掌握检波电路的设计与工作原理,本实验要求学生自行设计一款集峰值、均值、有效值检波功能为一体的交流电压测量仪器。首先,借助于 proteus 软件对电路进行仿真调试^[9],进而利用实验平台中的硬件资源进行实物连接,并对信号源输出的标准交流电压进行测量显示,分析误差。峰值、平均值、有效值检波电路采用模拟电路进行搭建,输出信号经过 A/D 转换后送入单片机进行处理显示。实验过程涉及检波原理、单片机应用、电路设计元器件选取等相关知识,在验证理论知识的同时锻炼了综合设计能力,提升了解决问题的能力。

在频率测量与仪器设计综合实验中,摒弃以往实验过程中只注重使用仪器测量信号的过程而忽视仪器设计能力锻炼的思路。学生综合利用模拟电子技术、数字电子技术、信号分析与测量技术等专业知识完成频率测量系统的设计与搭建。测量信号的放大电路采用模拟数字电子技术中的基极分压式射极偏置电路。通过理论计算、仿真、测试,理解射极电阻 R_e 对提高电路静态工作点稳定性的作用。同时,为解决稳定静态工作点与提高电压增益的矛盾,并联在 R_e 两端的大电容所起到的关键作用。整形电路建议学生采用模拟放大器完成。输出的模拟信号接入数字计数电路中涉及模拟信号与数字信号的电平匹配问题。测量信号的频率范围受限于所使用的电子元器件的工作频带。通过综合性的设计实验,学生将前序课程的专业知识融会贯通,真正做到理论应用于实践,并在实践中验证理论,加深了对理论知识的掌握,积累了丰富的实践经验。为后续的科研与工程问题分析与解决奠定了基础。

1.3 科研孵化课题支撑拔尖人才培养

基础实验和拓展实验提升了学生的实验操作技能和综合设计能力,使其具备开展科学研究与解决工程实践问题的实践基础。依托教学团队所在国家级和省部级科研平台,孵化出一些与电子测量技术相关的科研训练项目,在实验引导课程中作为实验教学案例进行分享。通过这个过程,使学生了解所学专业可解决什么样的科学问题和工程问题,了解其在科学发展中的意义,激发学生的科学探索精神和创新意识^[10]。同时,引导学生以团

队的形式选做科研项目中孵化出的“微项目”,锻炼其科研攻关能力的同时提升了项目运行、管理能力。“微项目”技术类实施过程完全以科研项目的模式开展,完成项目方案论证、实施、成果展示等,为以后继续攻读学位及踏入工作岗位开展科学研究、解决工程实际问题打下了良好的基础。下面给出两个“微项目”实例供读者参考。

“微项目”1。氦光泵磁力仪具有灵敏度高、响应频率高的特点,在地磁总场测量中发挥重要作用^[11]。科研团队研制的氦光泵磁传感器进行性能测试时,需要提供一个频率在 100 kHz - 10 MHz 范围内可调,同时调制周期也可调的正弦波。要求本科生项目组根据电子测量及所学电子技术完成正弦波激励源的设计与实现。如图 3 所示为某一小组完成的 DDS 信号源实物展示。

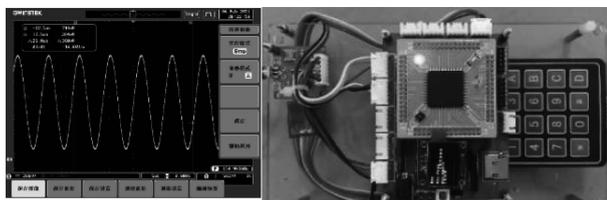


图 3 基于 DDS 技术的信号源波形与实物展示

“微项目”2。天然的大地电磁场信号频率范围广、能量弱,在实际采集时受到各种强人文干扰的影响,信噪比较低^[12]。科研团队在矿集区获取了含人文噪声的天然电磁数据。要求本科生项目组利用 LabVIEW 软件设计虚拟频谱分析仪器,对野外实测电磁数据进行频谱分析,确定大地电磁信号与强人文干扰的频谱分布,为后续的信号处理提供实验依据。

2 全方位立体化实验教学方法

针对实验内容与实施形式的改革,引入新的教学手段构建全方位立体化实验教学方法。传统实验教学模式用于基础实验操作与培训,翻转课堂引入拓展实验项目,小组讨论用于科研与工程“微项目”开展。

翻转课堂的引入。传统的实验课堂教学模式是教师进行演示指导,学生进行操作,学生的学习是被动的,接收的知识有限^[13]。新的实验课程体系除了对实验操作技能有要求之外,最重要的是培养学生的创新性思维,锻炼学生的综合设计能力。因此,对于拓展实验部分引入翻转课堂的教学方式。学生在规定的时间内完成实验设计,以演讲的方式进行成果展示。这种方式充分锻炼了学生独立思考、独立分析解决问题的能力,同时也提高了

学生沟通协调展示的能力^[14]。通过分享展示,其他同学也从中学习了他人的经验,获得了比传统课堂更丰富的知识。翻转课堂不仅将被动学习变为主动学习,同时也实现了高效、快速的学习目的。

科研与工程问题项目主要采用小组讨论的方式进行。“微项目”在技术实现难度上属于实验项目中的最高阶,完成过程中遇到的问题也是最多的。因此,在“微项目”的完成过程,需要多次进行小组讨论,解决遇到的技术难题。小组讨论会组织相同“微项目”的本科生小组共同参与。针对每一组遇到的问题共同寻求解决方案。各组“取长补短”,互相学习,推进项目进程。解决技术问题的过程同样是训练学生科学研究能力的过程,使他们在本科阶段建立良好的科研思维和习惯。

多层次实验教学内容对应多元化实验教学方法,所培养的学生具有扎实的实验操作功底,对知识的理解程度、分析解决问题的思路与方法有了很大的提升。他们在参加各类专业实践竞赛和大学生创新创业训练项目中都展现出较强的动手实践能力和创新思维,取得了理想的效果。

3 半开放式实验教学平台

基于基础实验和探索性实验项目需求,自主研发实验平台。实验平台主要为基础实验提供测量系统,为拓展实验提供部分硬件平台资源,满足学生的探究式学习需求。实验平台在研制过程中主要是应用了电子测量、模拟电子、数字电子等前沿技术及理论,采用半开放式思路进行设计。学生可以是实验平台的使用者,也可以是开发者,对实验平台进行升级完善。如图4所示为实验平台总体功能框图^[15]。

自制实验教学平台主要包括信号源模块、交流电压参数测量模块、带通滤波器模块、数字频率计模块、供电与接口模块。信号源模块可作为信号源使用,同时也作为DDS信号源设计的硬件资源,学生可以根据要求编写程序,实现预期功能。交流电

压参数测量模块采用最基本的电子元器件搭建,预留关键测试点,便于学生观察检波电路每一步的波形。包括单片机最小系统,可进行模数转换、数据处理、显示等。学生可对单片机程序进行改进,完成数据处理,降低误差。带通滤波器模块参数可调,带宽、上下截止频率等可通过电位器调节。该系统作为被测系统用于系统幅频特性的测量对象^[16]。利用信号源产生的正弦信号作为激励,利用示波器测量不同频率的输出信号,绘制该系统的幅频特性,完成无源系统特性测量^[17]。数字频率计模块利用分立元件完成简单数字频率测量电路的设计,包括时基电路、逻辑电路、计数、锁存、显示电路等^[18]。电路简单、无需编写程序,每一步结果可实时观测,学生通过该模块可直观地了解数字频率计的工作原理,为下一步设计频率计提供技术指导。

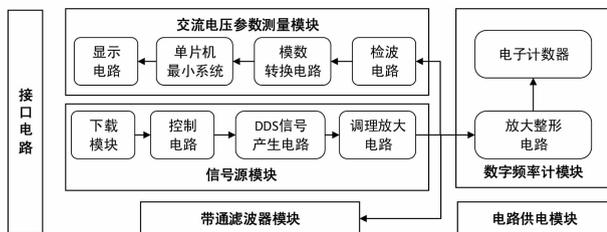


图4 实验平台总体功能框图

4 改革成效

经过这个过程的训练,学生的实践动手能力得到很大的提升,尤其是微项目训练过程使学生提前接触科研问题,了解科研项目运行过程。多名学生负责参与大学生创新创业训练项目,解决科研、实际问题,取得了很好的应用效果,公开发表科技论文多篇:《基于小波变换的MT数据人文噪声抑制方法》、《一组跟随式移动机器人系统的设计方法》、《基于OpenCV视觉库的手写数字识别系统》等。培养的学生参加大学生电子设计竞赛、互联网+创新创业大赛、高等学校机器人大赛、大学生计算机设计竞赛等多项比赛,取得了优异成绩。表2所示为近三年学生获奖情况。

表2 近三年学生竞赛获奖情况

章	电子设计竞赛	互联网+创新创业大赛	机器人大赛	计算机设计竞赛
2019年	国家一等奖1项 国家二等奖3项	校级一等奖1项	吉林省一等奖6项 吉林省二等奖12项	吉林省一等奖1项
2020年	吉林省一等奖5项 吉林省二等奖4项	吉林省铜奖1项	吉林省一等奖13项 吉林省二等奖5项	吉林省一等奖3项 吉林省二等奖2项
2021年	国家一等奖1项 国家二等奖3项	吉林省铜奖1项 吉林省金奖1项	未举办	吉林省一等奖4项 吉林省二等奖10项

5 结语

针对传统电子测量实验课程存在的问题,结合多年实践教学经验和科研成果对现有实验课程体系进行了改革。以学科前沿技术成果为引领,更新、拓展实验课程内容;以多元化的实验教学方法手段,支撑实验教学内容的改革创新。自主研发了适应实验课程改革的实验教学平台,为验证性、探索性实验的开展提供了硬件资源支撑。改革后的实验课程,基础与前沿并重。学生通过这门课程的学习,既可以夯实理论基础,又能接触到科研与工程实际问题,提高自己的实践动手能力,提升攻克关键技术的科研能力,为将来的科学研究奠定坚实的实践基础。科学技术在不断进步,国家和社会需求在不断提升,高校教育工作者将密切追踪前沿科技发展及人才需求方向,在教学改革的路上不断探索,为国家培养高质量的社会主义建设者和接班人。

参考文献

- [1]高龙. 电子测量技术和仪器的重要性及发展趋势[J]. 化工管理, 2019(2): 19-20.
- [2]刘辉, 段铸, 陈超. 工科研究生科技报国精神培养范式研究[J]. 高教学刊, 2020(7): 181-185.
- [3]赵同刚, 王嵩, 刘欣. 电子测量实验课程的教学改革和探索[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(6): 181-184.
- [4]夏哲雷, 肖丙刚, 王秀敏, 等. 电子信息工程专业人才培养的研究[J]. 电气电子教学学报, 2012, 34(3): 24-25.
- [5]彭晏飞, 张全贵. 新工科背景下计算机类专业多元化实践教学体系改革研究[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(11): 222-233.
- [6]林健. 新工科专业课程体系改革和课程建设[J]. 高等教育教育研究, 2020(1): 1-24.
- [7]古天祥, 詹惠琴, 习友宝, 等. 电子测量原理与应用(上册)[M]. 机械工业出版社, 2014.
- [8]许丹奇. 非正弦周期信号电压有效值测量探究[J]. 高等函授学报(自然科学版), 2004, 17(1): 33-41.
- [9]千承辉, 凌振宝, 田宝凤, 等. Proteus 仿真在电子测量实验课程中的应用研究[J]. 实验室科学, 2013, 16(3): 96-98.
- [10]陈鑫, 张兄武, 蔡新江, 等. 工科大学生创新能力培养的项目教学法探索与实践-以土木工程专业为例[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(9): 194-246.
- [11]窦子优, 程德福, 周志坚. 基于FPGA的光泵磁梯度仪频率测量方法[J]. 传感技术学报, 2018, 31(2): 170-174.
- [12]凌振宝, 王沛元, 万云霞, 等. 强人文干扰环境的电磁数据小波去噪方法研究[J]. 地球物理学报, 2016, 59(9): 3436-3447.
- [13]翟雪, 乔金硕, 孙旺, 等. 能源化工专业实验教学模式的探索与改革[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(11): 205-208.
- [14]李贵安, 张宁, 郑海荣, 等. 基于信息化教学的大学翻转课堂教学实践探索研究[J]. 中国大学教学, 2016(11): 61-65.
- [15]万云霞, 马小梅, 魏平, 等. 半开放式电子测量实验教学平台[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2021, 39(4): 382-388.
- [16]王伟, 朱六妹. 中心频率可连续调节带通滤波器设计[J]. 电子测量技术, 1999(1): 8-11.
- [17]孙梯全, 龚晶. 电子技术基础实验(第2版)[M]. 东南大学出版社, 2016.
- [18]刘栋, 薛梅, 丁可柯, 等. 电子系统设计与实践教程[M]. 人民邮电出版社, 2014.