



“新工科”视域下电工电子实验研究

薛梅¹, 顾艳丽¹, 朱震华¹, 肖建^{2*}, 张融¹, 沈虹³

(1. 南京邮电大学 电子与光学工程学院柔性电子(未来技术)学院, 南京 210023; 2. 南京邮电大学 创新创业教育学院, 南京 210023;
3. 南京邮电大学 实验室建设与管理处, 南京 210023)

摘要: “新工科”建设背景下, 电工电子实验课程改革团队分析学情和课程目标, 针对教学目标和教学效果之间的矛盾、学生自我成长和传统教学模式之间的矛盾、行业发展和教学资源之间的矛盾、课程思政在实践性教学环节中的融入与课程教学学时之间的矛盾, 从教学内容、教学模式、教学工具、思政融入等方面提出了改革思路。实践证明课程改革获得良好的学生反馈和成果。

关键词: 电工电子实验; 改革思路; 内容重构; SIGN(成功, 本能, 成长, 需求)模型

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240235

Research on the Reform of Electrical and Electronic Experiments under the Perspective of “Emerging Engineering Education”

XUE Mei¹, GU Yanli¹, ZHU Zhenhua¹, XIAO Jian^{2*}, ZHANG Rong¹, SHEN Hong³

(1. College of Electronic and Optical Engineering & College of Flexible Electronics (Future Technology), Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;
2. College of Innovation and Entrepreneurship Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;
3. Department of Laboratory Construction and Management, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Under the backdrop of the “Emerging Engineering Education” initiative, the student situation and course objectives is analyzed by the reform team of electrical and electronic experimental courses. They contradictions between teaching objectives and outcomes, student self-development and traditional teaching paradigms, industry advancements and teaching resources, and the integration of ideological education into practical teaching segments with course hours are addressed, and innovative approaches are proposed concerning teaching content, pedagogical methods, teaching tools, and the integration of ideological education. The curriculum's innovative reform garnered positive student feedback and results.

Key words: electrical and electronic experiments; reform strategies; content restructuring; SIGN (success, instinct, grow, need) pattern

在当前科技和经济快速发展的环境下, 人才培养产生新需求。新工科教育旨在培养能够适应新技术、新产业、新业态发展的高素质人才。在这种背景下, 高等教育强调跨学科融合, 注重理论与实践相结合, 倡导以学生为中心的教学模式, 推动产学研深度融合^[1]。电工电子实验作为工

科院校学生必修课程, 也面临巨大的挑战。

1 课程目标和问题矛盾

1.1 课程目标

“新工科”建设背景下, 电工电子实验的课程目标是巩固和加深对电子设计基础理论知识的

收稿日期: 2024-04-22

基金项目: 国家自然科学基金(11705096); 江苏省高等教育教改课题(2023JSJG305); 南京邮电大学教学改革项目(JG10621JX28); 南京邮电大学“微课题”项目(JCYJ202409)。

作者简介: 薛梅, 硕士, 高级实验师, 主要从事电工电子实验方面的教学和研究。E-mail: xuem@njupt.edu.cn

* 通信作者: 肖建, 博士, 教授, 主要从事电子电路设计应用方面的教学和研究。E-mail: xiao@njupt.edu.cn

理解,提升动手能力和实验技能,树立安全意识和节能环保理念;培养独立思考和自主创新的能力;引导学生拓展知识视野,厚植爱国情怀,关注前沿科技发展,养成终身学习的习惯,培养自我发展能力,使学生在推动科技进步和产业发展中发挥重要作用^[2]。

1.2 问题与矛盾

1.2.1 “新工科”建设背景下课程对毕业要求达成度的目标值和传统教学效果之间的矛盾

电工电子实验支持电子科学与技术等工科专业毕业要求的多项指标点。随着高校招生规模扩大,电子信息类实验内容更新慢,实验室空间、实验教师和实验学时有限,传统教学模式下,本课程目标达成情况评价价值要比支撑毕业要求的大部分课程的平均评价价值低 5%~10%。

1.2.2 学生自我成长和传统教学模式之间的矛盾

高等院校是培养相关科技领域优秀人才的摇篮,学生在校学习期间,是他们发现自己的能力优势,未来充满自信地迈入各领域的重要时期。但传统课堂教学重理论、轻实践,用标准答案束缚学生的创新思维。学生在实验学习的过程中普遍死记理论公式,不会在实践中灵活应用。因为对电子设计工程性认识不足,只关注实验结果,缺乏思辨,碰到困难绕路走,电工电子实验课成为不少学生的噩梦。他们给自己贴上“动手能力差”“没有硬件学习能力”之类的标签,缺少热情和自信,学习效率低下,更影响未来的职业发展。

1.2.3 电子行业发展迅速和电工电子实验教学资源落后之间的矛盾

电子行业发展迅猛,实验内容却十几年不变,实验教学手段及方式跟不上电子技术发展,培养的学生能力和企业需求差距大。如何保证实验教学内容、实验设备和实验技术紧跟科技发展步伐,保持教学手段和内容的先进性,适应社会人才培养的需求,是我们面临的现实问题^[3]。

1.2.4 电工电子实验教学环节中课程思政的融入与有限的课程学时之间的矛盾

高校青年大学生,是实现中华民族伟大复兴的中坚力量。实践性教学是工科院校占比较大的课程环节。由于实验课教师对课程思政高阶性认识不足,课程思政建设欠缺,普遍存在占用课堂学时过多、思政教育效果欠佳的问题,课程难以在“立德树人”上起引领示范作用。

2 改革方法及途径

2.1 内容重构,案例教学,实验更新达目标

2.1.1 遵循知识体系,重塑课程内容

“新工科”的“新”的内涵,是从专业、课程和知识体系方面讨论新结构^[1]。传统电工电子实验是将电路分析实验、模拟电路实验、信号与系统实验、数字电路综合实验单独设课,或者部分作为课内实验完成。各门课程跨学期,关联度低。学生知识点分割严重,没有系统概念,很难应用以前学过的知识解决实验中的问题,缺乏科学的思维方式。

以“晶体管放大电路”这个模拟电子电路的经典实验为例,具体知识点导图如图 1 所示。其中涉及模拟电子电路的理论包含晶体管放大电路的分析基础、设计基础等。同时在电路的调测中,应用到电路分析的基本原理包含戴维南等效定理、传输网络频率特性等。知识和技能有延续、有交叉。传统教学中,电路分析课内实验在第二学期完成,模拟电子电路实验安排在第三学期,学生知识不成体系,技能训练不连贯,课程目标难以达成。课题组改革将两门实验课程融为一门课,在第三学期开设。课程内容设计时,先安排学生完成电路分析实验“戴维南定理与诺顿定理”和“传输网络的频率特性研究”,再进入“晶体管放大电路”实验。学生通过前两个实验,不但巩固电路分析的基本定理,掌握电路分析方法,还学会 Multisim 仿真软件以及测量频率特性参数的实验技能,在后续的“晶体管放大电路”实验中,学生熟练地应用前面所学的知识和技能,实验完成度大大提高^[4]。

依照知识体系将课程重构,把电路分析实验、模拟电路实验合成为电工电子实验(一),将信号与系统实验以及数字电路综合实验合成为电工电子实验(二),分上下两学期完成,实验内容相互渗透,教学前后呼应,相辅相成。依据知识结构搭建的课程体系,不但节约了教师授课时间,也让学生在自我探索中总结出知识点的关联性,更好地完成综合性、创新性实验。

2.1.2 依托科研竞赛,提升课程内容

电工电子实验引入教师科研内容,提升实验内容高阶性。如以教师的科研项目“基于 DRP 图像增强的自主静脉穿刺原型机研发”作为实验案

例,分解为放大器等基础实验模块、滤波器等综合性实验模块、指尖脉搏仪等系统性实验模块,

最终将各个模块结合起来完成一个复杂应用系统,引导学生建立系统性思维模式。

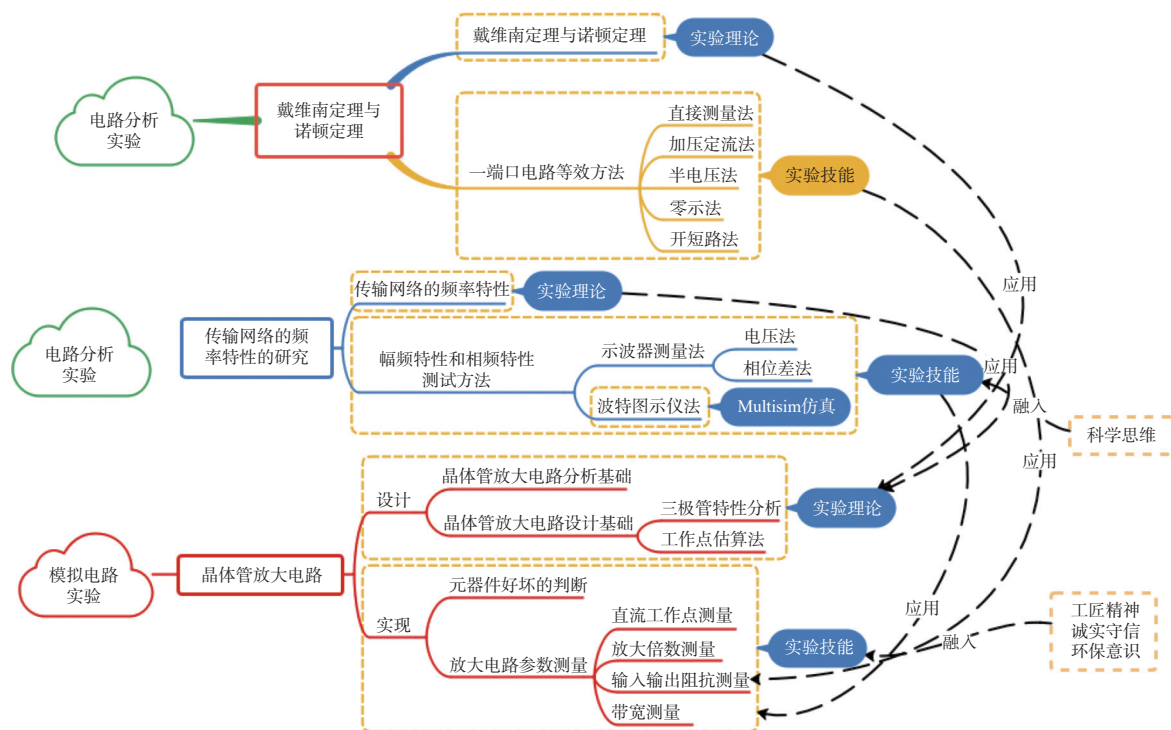


图1 晶体管放大电路实验知识点导图

课程中还融入全国性竞赛的赛题,设置高阶性实验内容。把2019年全国大学生电子设计竞赛题“纸张计数显示装置”经过简化指标,作为一个综合性实验项目引入课程。学生在实验的过程中,感受解决工程问题思维方式的复杂性和手段的多样性。

经过多年的改革实践,构建了“科学原理(science)为基础,实验技术(technology)为手段,满足中国芯崛起的社会需求(society)”的STS电工电子实验课程。减少“菜单式”的低层次实验,开展有“理论支撑”的实验改革,探索理论指导下的综合性、创新性实验。学生对实验内容兴趣浓厚,课堂上积极讨论和思辨,碰到问题从绕道走变成努力寻求解决方法。电工电子实验对相应专业的毕业要求起到良好的支撑作用。

2.2 全链教学,闭环模式,重塑学习自信心

电工电子实验揉和了多门理论课程和各项实验技能以及创新能力。传统的“预习—实验—写报告”三段式教学模式让大多数学生把时间花在应付报告和对付验收上。教学过程缺乏教师有效指导,学生出现畏难情绪,普遍没信心学好这门课。项

目组引入SIGN模型,构建全链闭环式教学模式激发学生学习潜能,有效树立学习自信心。

SIGN模型是文献[5]提出以优势为基础的个人发展模型,旨在帮助个人识别和发展自己的潜在能力。

电工电子实验构建课前、课中、课后、课外全链闭环式教学模式,和学生内在探索自我、发现能力优势的SIGN模型相重合。课程帮助学生发现隐藏着的自我优势,实现自我成长,迈出成功的第一步。全链闭环教学过程和SIGN模型的重合示意图如图2所示。

课前,教师通过SPOC平台发布学习资料、视频、讨论等,告知学生课程内容、时间安排、需要完成的预习要求。制作符合当下年轻人的喜好的短小视频,使学生既可以学习课程相关的小知识,扩大知识面,又可以结合相关理论设计实验内容。教师还借助互联网为预习中有疑问的学生远程在线答疑。学生在项目引导下,经过前期虚拟仿真和预调测,对后续实验课堂充满期待,内心会“本能(instinct)”地对实验有种自然倾向和渴望,“跃跃欲试”地想去尝试和验证。

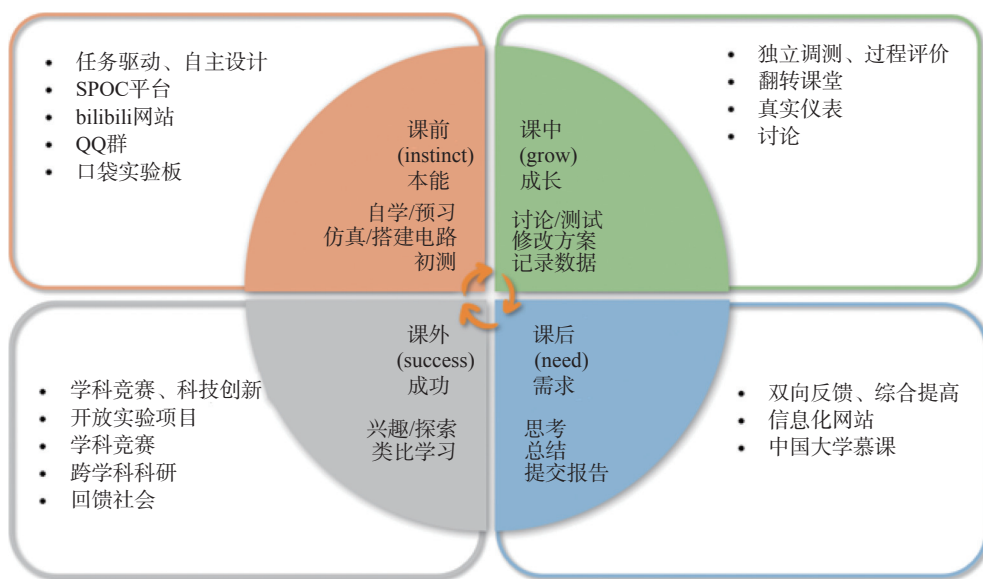


图2 实验教学全过程及 SIGN 模型重合示意图

课中，教师利用慕课堂进行翻转课堂教学，让学生分享自己的设计方案、故障排查经历等。实验课堂由单一的“师教生学”转变成“生教生学”和“师助生学”。课堂用“电路积木实验法”，让学生在独立实验基础上，展开合作实验。在研讨、分享等过程中，学生更快地掌握要领，做起实验来感觉轻松简单。这是学生“成长(grow)”的过程^[6-9]。

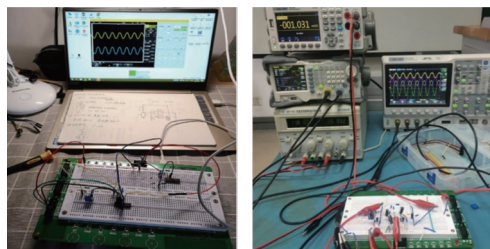
课后，信息化系统提交电子报告替代了手写报告，学生从繁重的书写中解放出来，利用自己感兴趣或熟悉的软件处理数据，完成一份具有个性的实验报告。为及时巩固学习，中国大学慕课安排课后单元测验。学生关心和重视教师对实验报告的及时反馈和 SPOC 课后单元测验取得分数。好成绩更能激发他们的热情和学习动力，满足他们内心的“需求(need)”。

实验教师结合自身科研项目或者学科竞赛，在课外开设多种多样的自主探究式实验项目，学生根据自己的兴趣选择项目。通过参加自主探究式实验项目，学生提高自身综合素养以及创新思维的同时，回到实验课堂上充当老师的小助手、同学的小导师，把所学所思所想回馈到课程中，在优异表现中获得满满的“成就感(success)”^[10]。

全链闭环式教学模式让学生向内探索自我，向外寻求反馈，发现在电子信息领域的自我优势，变被动学习为主动学习，课堂涌现更多的“头脑风暴”，激发出学生的创新热情。

2.3 手段多样，平台前沿，紧跟行业快发展

实验教学和理论教学不同，受时间和实验室空间的限制。随着招生规模扩大和对学生创新能力培养要求提高，实验资源严重不足^[11]。电工电子实验进行教学手段改革，引入口袋实验系统，用虚实结合的教学方法弥补资源不足^[12]。具体实验场景如图3所示。如晶体管放大电路实验，课前，布置学生利用虚拟口袋实验系统完成实验电路预调测；课中，学生带着预调测过程碰到的疑难问题到实验室，在教师的指导和同学的讨论下，结合实体仪表，完成最终实验内容。通过虚实结合的教学手段，在不增加课内学时前提下，学生完成更高阶的设计性实验内容，调动学生学习的主动性和自觉性。



(a) 虚拟口袋仪表实验场景 (b) 实体仪表实验场景

图3 虚实结合实验教学场景

电子技术发展日新月异，以往电路设计以中小规模单元电路为主，设计规模受到局限，传统教学和行业发展脱节。现场可编程逻辑门阵列(field programmable gate array, FPGA)技术是一

种新型电路设计技术,通过软件编程设计硬件电路,可极大地提高电路设计的效率和可靠性^[13]。项目组自研自制FPGA下载板,经过多轮迭代和改进,完成从3000门的FPGA_XC4003升级到50 K门的XC3S50AN,用大规模可编程器件FPGA替代中小规模集成芯片完成数字电路实验以及综合实验。实验内容从单元电路设计为主转为综合电路设计为主,综合设计实验项目占比由10%增加到80%^[14]。

教学平台和教学手段的改革,解决了行业发展迅速和教学工具滞后之间的矛盾,拓展实验空间,延伸实验时间,为学生创新能力的培养提供保障^[15-16]。

2.4 思政融入,言传身教,春风化雨育新人

思政内容如何融入有限的课堂教学中,是团队讨论的重点。为解决这个难题,教师利用教学研讨、支部活动等方式不断探索课程思政高阶性在课程教学环节中的运用。

团队教师梳理课程中的思政点,将“立德树人”作为教学的立足点,以个人品格塑造和家国情怀为切入点,融入崇尚科学、敬重楷模的思政教育。教学中,不占用课堂学时讲经典,而是在课前,布置预习作业的同时利用班级QQ群,推送技术发展史、科学家小故事、大国工匠事迹和时事热点等相关内容,让学生在阅读中获得感悟;将国产仪表和国产器件的LOGO重点标注,让学生在实验过程中,产生民族自豪感,树立科技报国的信心;分组实验时,让学生体会分工与协作的重要,自觉规范言行,保持良好的合作氛围。实验结束,教师身体力行,关闭电源,整理实验室,带动学生养成节能减排,爱护环境的良好习惯。实验室信息化管理系统对学生开放部分材料设备管理、实验室管理等界面,学生在了解实验设备使用情况和维修状态以及元器件损耗情况后,自觉树立环保理念以及爱护公共财产的良好道德情操。

经过改革和实践,团队不断拓展课程思政内涵的广度和深度,思政教育不再流于表面,而是切实将德育塑造固化于制、内化于心、外化于行。

3 结束语

电工电子实验课程经多年改革迭代,学生反

馈良好,课堂参与度和活跃度提高,学生的工程实践能力和科技创新能力大幅提升。2019年—2023年学科竞赛成果丰硕,获得国家级奖项100余项。2013年—2022年学校电子信息类学科竞赛获奖人数统计如图4所示。课程培养学生工程设计能力和实践问题解决能力,重塑学生爱国、担当、团结、上进的精神。课程的改革获得了“第二届全国高校教学创新大赛”江苏省特等奖。

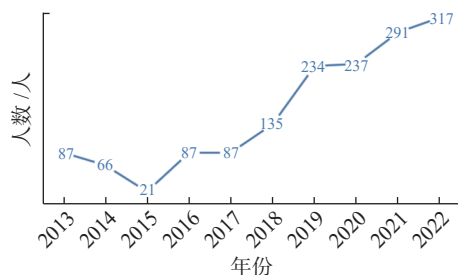


图4 2013年—2022年校电子信息类学科竞赛获奖人数统计图

未来,我们将继续深化改革,不断创新,为国家的电子信息产业腾飞输送优秀的建设人才。

参考文献

- [1] 顾佩华. 新工科与新范式: 概念、框架和实施路径[J]. 高等工程教育研究, 2017(6): 1-13.
- [2] 胡仁杰, 堵国梁, 郑磊. 电工电子实验教学体系改革与建设[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(7): 206-210.
- [3] 任青颖, 魏鸿飞, 李卫, 等. 项目式教学在电工电子实践教学中的应用[J]. 大学物理实验, 2023, 36(4): 107-111.
- [4] 常春耘, 顾艳丽, 王正元, 等. 电工电子实验技术(上册)[M]. 2版. 北京: 人民邮电出版社, 2022.
- [5] [美] 马库斯·白金汉, 唐纳德·克利夫顿. 现在, 发现你的优势[M]. 方晓光, 译. 北京: 中国青年出版社, 2002.
- [6] 吴迪, 于双和, 李涛, 等. 借助产教融合构建电工电子实验教学翻转课堂[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(6): 154-157.
- [7] 张德华, 王旌, 张伟. 任务为导向的层次化教学设计: 以太阳能路灯控制器为例[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(2): 193-197.
- [8] 吴润强, 刘京, 徐琦霖, 等. 音频采集与放大电路实验教学设计[J]. 大学物理实验, 2020, 33(1): 60-63.
- [9] 丁可柯, 林宏, 陈蓉, 等. 基于柔性线圈的串联谐振电路实验设计[J]. 物理实验, 2022, 42(12): 22-27.

(下转第53页)