

射频与微波在本科教学中的应用

蔡成欣, 陈梦瑶, 李明星, 秦瑶, 王胜轩

河南工业大学信息科学与工程学院, 河南 郑州

收稿日期: 2024年12月7日; 录用日期: 2025年1月8日; 发布日期: 2025年1月15日

摘要

本文提出了一种融合射频与微波工程领域最新发展和技术的课程模式。本研究涵盖了理论和实践应用的内容描述, 技术工具与拟议课程的整合模型, 以及课程设计中使用的教学方法。本课程的主要目的是通过支持教学方法, 为学生在射频和微波工程领域的未来职业生涯做好准备。本课程的第二个目标是为学生更好地为电子信息工程专业的高级课程做好准备。本课程的结构是理论和实验之间的平衡, 包括远程和实验室测量实验, 以及利用计算机工具和设计制造建模和设计微波元件。

关键词

射频与微波工程课程, 课程设计, 远程实验室, 仿真工具

Application of RF and Microwave in Undergraduate Teaching

Chengxin Cai, Mengyao Chen, Mingxing Li, Yao Qin, Shengxuan Wang

College of Information Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan

Received: Dec. 7th, 2024; accepted: Jan. 8th, 2025; published: Jan. 15th, 2025

Abstract

This paper presents a curriculum model that integrates the latest developments and technologies in the field of RF and microwave engineering. This study covers a content description of theoretical and practical applications, an integrated model of technical tools with the proposed curriculum, and the teaching methods used in the course design. The primary purpose of this course is to prepare students for future careers in the RF and microwave engineering fields by supporting teaching methods. The second goal of this course is to better prepare students for an advanced course in electronic information engineering. The course is structured as a balance between theory and experiments, including remote and laboratory measurement experiments, and manufacturing modeling

and design of microwave components using computer tools and design.

Keywords

RF and Microwave Engineering Courses, Course Design, Remote Laboratory, Simulation Tools

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

电信行业的进步和无线网络服务的广泛部署影响了与高频技术相关的职业规划[1]。这些发展也迫使职业工程师、计算机专家和管理人员在电信/无线电通信技术领域重新教育自己。因此，一些相关的教育项目已经开始提供涵盖电磁、射频、天线和微波概念的课程，这些课程是任何电气和电子工程、计算机相关教育课程和技术学院的重要组成部分，这些课程通常由动手实验环境支持。例如，远程实验室对调频的实验原理，天线和射频微波领域的面对面实验室实施，以项目为导向的射频硬件设计实验室，无线网络已纳入这些课程的课程[2]。在这些发展的同时，模拟和计算机辅助设计应用程序也开始被用作这些课程的关键和有效的工具。此外，基于网络和网络辅助的教育选择是一种新的范式，开始在这些领域的教学设计工作中发挥越来越重要的作用。为了培养符合行业要求的工程师，需要在这些课程的课程设置中体现和强调新的方法[3]。目前，这些课程的实施面临着几个问题。为了更好地解决这些课程的行业要求和问题，本研究提出了新的课程设置。为此，大学开设的电磁、射频和微波课程的现状和存在的问题。然后是课程提出了反映远程实验室环境、仿真工具和思维导图图形表示等最新发展和技术的模型。本研究涵盖了理论和实践应用的内容描述，将技术工具整合到拟议课程中的模型，以及在新课程设计中使用的教学方法[4]。

本研究还描述了新设计的课程是如何实施和促进的，以及在课程中面临的问题和取得的成果。在传统的方法中，这些课程的实验室应用是通过在特定实验室进行面对面培训的方式提供的。通常，即使在理想的情况下，这些课程中面对面的实验室应用对教师和学习者都有一些限制。例如，提供此类课程需要大量的教育工作者和辅助人员，并且对于一些实验室来说，设置和维护成本很高。如果没有提供开放的实验室环境，学生就会被限制在特定课程的特定时间表和地点，并且无法按照他们希望或可能需要的频率重复实验[5]。学生用数学方法分析实验数据的机会也很有限：通常测量设备本身无法处理大量数据。在没有时间限制的情况下，学生有机会利用强大的软件分析工具来处理实验数据，从而更清楚地了解某个设备或设置的功能[6]。

基于因特网的服务的最新发展也鼓励培训和教育组织尝试电子学习模式。目前，教育培训机构，特别是高校，正频繁地利用互联网技术来加强和补充传统的面对面教育。例如，远程实验室平台使学习者能够访问远程位置的物理仪器，并在互联网上远程进行实验[7]。因此，在射频领域的远程实验室应用似乎是一个非常关键的工具，以改善和支持当前的教育环境[8]。

2. 课程描述

作为通信工程的学生需要一个学期的射频和微波工程必修课程。本课程的目的为学生将来在射频和微波工程方面的职业生涯做好准备，并为后续的高级课程做好准备，如天线与传播、射频微电子与光

通信系统和设计项目。这些课程作为学校电子工程专业的技术选修课开设。本课程以理论与实验相结合的方式,包括远程和实验室测量与评估,利用 CAD 和制造技术对微波元件进行建模和设计。本课程旨在介绍射频和微波系统。本课程涵盖以下概念:传输线和波导的分析、史密斯图、散射参数和匹配网络、LC 网络、使用史密斯图的单根和双根调谐、射频和微波无源元件和系统参数、滤波器和放大器的高频配置、射频和微波电路的印刷电路板实现、微带线、射频、微波和天线的设计工具和测量技术[9]。

在本课程中,学生应掌握以下技能,并能够陈述 300 MHz 以上频段电磁频谱的应用;识别传输线上的波传播,并将其扩展到包括微带结构;识别传输线系统,射频和微波组件,子系统和技术的基础;操作用于设计和分析射频和微波组件和子系统的工具和设备;设计微波元件,如微带线,微波滤波器和单级微波晶体管放大器等。

为了练习设计射频元件、电路或天线,新工程师知道如何使用至少一种工程设计工具是非常重要的。例如,我们的毕业生通常会收到很多工作机会,如果他们有使用射频、微波或天线设计工具的经验,他们会变得更有竞争力。此外, CAD 等仿真工具可以帮助学生更好地理解和体验现实世界的工业应用,基于他们在课堂上学到的理论[10]。在这些课程中引入仿真工具也有助于学生更好地准备高级课程,如射频和微波电路或天线设计和设计项目课程。在这些课程中,他们有机会有所收获经验,防止浪费时间以后学习使用模拟工具[8]。

实验室经验是电子工程教育的重要组成部分。正如最近基于互联网的远程和虚拟实验室研究所显示的那样,在情感表达教育中,有效的学习只能通过将理论课程与实验室工作相结合的方法来实现,学习者可以根据需要进行实践。调查表明,以前开发的远程实验室平台大多涵盖入门和基础电气和电子,以及控制实验室应用。这些研究一般建立在微处理器、控制系统/工程、电力电子、数字电路和电气、电子和计算机工程学科的机器人上[9]。它们都没有在无线电通信中建立起来。然而,电磁学、射频系统、高频系统和微波通信是任何电气、电子和计算机工程课程的重要组成部分,这些构成了电信、安全系统或国防系统等行业中使用的技术的支柱[9]。与此问题平行的是,该领域的实验室设备价格昂贵,并且不可能总是为每个学生提供一个时间段,让他们在设备上尝试和错误的体验。因此,通常在实验室进行散射参数测量、电压驻波比测量和传输线阻抗测量、功率测量和天线测量等实验进行演示[11]。

在这些课程中还需要实施一些教学方法。这些课程的讲师应该提供方法来帮助学生建立理论和实践内容之间的关系。因此,学生通常会忘记理论知识,因为他们失去了课程的理论和实践部分之间的联系。在做实验的时间里,学生们总是抱怨不能理解理论和实验之间的关系。他们经常认为课堂上讲授的理论与他们正在进行的实验无关。此外,由于快速变化和技术发展,在这一领域工作的工程师和技术人员需要使他们的知识和技能适应新的环境。该领域的学生要获得技能,不断提高自己的知识和技能,以更好地适应新的发展和环境[12]。因此进行混合教学模式,混合教学模式结合了传统面对面教学与在线学习的优势,旨在提高学习效果和参与度。建构主义强调学习者在学习过程中主动构建知识。混合教学模式通过提供多样化的学习资源(如在线课程、视频讲解、互动讨论等),使学生能够根据自己的学习节奏和风格进行学习,从而促进知识的内化和应用[13]。霍华德·加德纳的多元智能理论指出,学生具有不同的智能类型。混合教学模式通过多种教学手段(如视频、模拟、实验等),满足不同学生的学习需求,促进个性化学习。自我调节学习理论强调学生在学习过程中主动设定目标、监控进度和评估结果。混合教学模式为学生提供了灵活的学习环境,使他们能够自主选择学习内容和方式,增强自我调节能力[14]。老师也知道学习者的认知资源有限,过高的认知负荷会影响学习效果。混合教学模式通过将理论学习与实践相结合,降低了学生在学习过程中的认知负荷。例如,使用在线仿真工具进行实验,可以让学生在没有实际设备的情况下进行操作,减少了学习的复杂性。阿尔伯特·班杜拉的社会学习理论强调观察和模仿在学习中的重要性。混合教学模式通过在线讨论和小组合作,促进学生之间的互动和知识分享,增强学习

的社会性[15]。远程实验室允许学生在任何时间和地点进行实验，打破了传统实验室的时间和空间限制。通过远程实验室，学生可以进行实时实验，观察实验结果，增强实践能力。提高实验的可访问性，尤其是对于资源有限的学校，促进学生的自主学习和探索精神，增强对实验内容的理解。仿真工具(如 HFSS、CST 等)为学生提供了一个安全、可控的环境进行设计和测试。学生可以在仿真中快速迭代设计，观察不同参数对结果的影响。允许学生在没有实际设备的情况下进行复杂的设计和分析，降低了学习成本，提高学生的动手能力和创新思维，培养他们解决实际问题的能力。混合教学模式结合了理论与实践，增强了学生的理解和应用能力。通过远程实验室和仿真工具，学生能够在实践中巩固理论知识，提高学习效果。通过多样化的学习方式，学生的学习兴趣 and 参与度显著提高。在线讨论和小组合作促进了学生之间的互动，增强了学习的社会性。混合教学模式为学生提供了灵活的学习选择，满足了不同学生的学习需求。学生可以根据自己的节奏和兴趣进行学习，促进个性化发展。混合教学模式在射频与微波工程教学中的应用，结合了学习理论和教育心理学的相关理论，充分发挥了远程实验室和仿真工具的作用。通过理论分析，可以看出混合教学模式不仅提高了学生的学习效果和参与度，还促进了个性化学习，为未来的教育改革提供了重要的理论支持和实践依据。

3. 设计教学课程

在设计的课程设计中，采用了面对面学习和网络学习相结合的混合方法。从这个意义上说，一些课程活动是在面对面的实验室和传统的课堂环境中进行的，而另一些课程活动则是通过电子学习平台进行的，以提高学生的学习和动手实践技能，并帮助他们熟悉自主学习的环境，从而不断提高他们的学习和技能。本节总结了本课程的建议课程。本课程建议组织课程的实验活动。新设计的实验室包括四个主要活动，即环境介绍、远程实验、CAD 实验和设计制造活动。

3.1. 环境介绍

在这个设计中，我们的主要策略是激励和熟悉学习者在学期中将使用的教育环境。因此，首先介绍了真实的实验室环境。在这个介绍中，学生可以看到放置在真实实验室的设备。在进行实验之前，通过对远程实验中使用的真实设备的介绍，目的是为了更好地了解实验环境的可视化。然后，介绍了远程实验室环境。主要的概念是，他们如何登录系统，他们如何搜索实验的理论，他们如何了解实验室设备的特点以及他们如何选择并进行实验。为此，使用电子性能支持系统工具，根据用户的需求和期望提供指导，及时提供培训。然后，对 CAD 进行了介绍。在这个阶段，学生通过学习如何在这个环境中绘制图形，模拟和分析电路来学习仿真概念。

3.2. 远程实验

与真实的实验室 CAD 实验平行，学生们被要求自由地进行远程实验室活动和实验。这些实验可以更好地理解如何测量一些参数，如回波损耗、驻波比、反射和发射功率以及阻抗。远程实验还提供了电磁波传播的基本知识，关于微波公式推导中使用的分析和图形方法的知识，在物理现象之间建立相关性的能力，以及处理高复杂性测量设备的能力。学生可以通过远程实验室环境随时随地进行这些实验，并通它通过队列解决方案使用并发性来支持多用户环境，将学生的请求进行多路复用并以先进先出的方式处理。

3.3. 计算机辅助实验

学生在自由地进行远程实验室活动的同时，也在教师的指导下，在真实的实验室环境中使用 CAD 工具。这些实验的主要目的是提供对课程内容和模拟工具的更深入的理解和实践经验。然而，同样的实验与开源 CAD 工具也被设计为进一步使用。在过去的学习中，学生们被要求设计、实现和测量他们自己的

射频微波滤波器。由于在远程实验中，学生们已经学会了如何测量任何滤波器的参数，并且他们已经准备好从远程使用 VNA，他们能够体验他们制作的滤波器。此外，在逐步学习如何使用微波 CAD 程序后，学生可以根据课程讲师给出的基板和设计要求设计射频微波滤波器。因此，这部分课程旨在帮助学生在理论、CAD 和远程实验室活动中实践所学知识。他们可以使用远程实验室环境进行 ERRL 实验，也可以自由使用物理实验室和 CAD 设计任何 RF 组件。在此期间，由团队合作的学生使用 PCB 原型系统在我们的实验室中制作出具有最佳性能的滤波器。采用 VNA 对预制 RF 滤波器进行测量。

4. 结论

在本研究中，我们首先列出射频与微波系统导论课程的主要问题。然后，为了解决这些问题，我们提出了一种新的课程模式，包括实验部分和理论部分。最后，我们在一个学期的课程中应用了实验活动的新课程。随后，我们将本课程的实验活动表现与往年的经典应用课程进行了比较。结果进行了统计分析。结果表明，实验活动有了明显的改善。课程教师和学生的定性结果也支持这一结果。此外，我们相信，这种课程组织也将提高课程中后续课程学生的表现。从长远来看，学生们有望获得更好的工作机会，他们的工作表现将得到改善，因为他们将更好地为工业环境做好准备，因为他们接触了新技术和更多的实际动手，试错类型的经验。

射频与微波学科是电气工程、通信工程、电子工程和相关领域中的一个重要分支。该学科主要研究射频和微波的产生、传播、检测和应用。射频与微波学科为现代通信、雷达、卫星、遥感和其他电子系统提供了基础理论和技术支持，帮助理解电磁波的基本特性。射频和微波技术在多个领域具有广泛应用，包括无线通信、卫星通信、雷达系统、医疗成像、物联网等。射频与微波技术的持续发展推动了信息技术和通信技术的进步，导致数据传输速率的提高和系统性能的提升，促进了智能设备和互联网技术的普及。该学科的技术应用对经济发展起到了推动作用，尤其是在通信、航空航天、国防、医疗等行业，创造了大量就业机会并推动了技术创新。

基金项目

2024 年河南工业大学校级研究性教学课程(2024YJXJX-07)；2024 年校级专创融合特色课程(2024ZCRH-05)。

参考文献

- [1] 张冰, 周艳萍, 程飞. 电磁场和微波技术专业复合型人才培养体系研究[J]. 教育教学论坛, 2023(3): 21-24.
- [2] 翟玉婷, 邵晓方, 程占昕, 等. 课程教学模式改革探析——以《微波技术与天线》课程为例[J]. 科技视界, 2022(30): 110-112.
- [3] 赵宇, 刘伟. 增强现实技术在电磁学教学中的应用[J]. 现代教育技术, 2020, 30(3): 45-49.
- [4] 付立悦. 基于 CDIO 教育理念的《计算机控制系统》课程混合式教学模式探索[J]. 学周刊, 2024(36): 14-16.
- [5] 周建华, 李艳华. 基于翻转课堂模式的电磁场理论与微波技术课程的教学案例设计[J]. 湖南科技学院学报, 2022, 43(3): 105-107.
- [6] 洪娟. 以 OBE 理念构建高职院校课堂教学评价体系[J]. 吉林省教育学院学报, 2023, 39(8): 63-67.
- [7] 张力川. 基于职业能力培养的高职化工专业教学改革[J]. 学周刊, 2024(7): 25-28.
- [8] 游思思, 戴华, 鲍秉坤. 大模型与 OBE 教育理念驱动的 C 语言算法与数据结构课程改革探索[J]. 汉字文化, 2024(22): 178-180.
- [9] 刘亚军, 莫家庆. 仿真软件在微波技术教学中的应用[J]. 电气电子教学学报, 2021, 43(4): 136-139.
- [10] 郁剑, 朱家乐, 陶方琪. 微波技术与天线的仿真实践教学[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(30): 109-111.
- [11] 李泓纲, 秦庆磊. 基于光纤通信技术的实验室远程监控系统设计[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(8): 26-28.

- [12] 夏志强, 胡文山, 刘国平, 等. 远程实验室仿真与算法生成的一体化软件设计[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(11): 16-23.
- [13] 毛煜茹, 杨志良, 孙鹏, 等. “微波技术与天线”课程教学改革探索[J]. 教育教学论坛, 2023(16): 60-63.
- [14] 石书祝, 严颂华, 董杰. 新时期遥感科学与技术专业微波成像理论教学与课程实习设计[J]. 大学, 2024(17): 106-110.
- [15] 范美端, 张建秀, 于晶, 等. 电磁场微波技术与天线课程的教学实践[J]. 电子技术, 2024, 53(9): 72-74.