基于ADDIE模型的高频电子技术课程教学改革与实践研究

孙培刚[1] 张全禹[1] 赵金阳[2]
1.绥化学院 电气工程学院，中国·黑龙江 绥化 152061
2.绥化学院 经济管理学院，中国·黑龙江 绥化 152061

摘要：高频电子技术课程是一门综合性较强的电子类专业课程，主要涉及数学理论、电路原理、信号频谱分析等内容，在教学过程中易出现理论知识与实践能力脱节、“学”与“用”契合度不足等情况。针对上述问题，本文设计了以 ADDIE 模型为基础框架的混合教学模式，用于实现将高频电子技术课程理论、系统仿真与实践进行有机融合的教学目标，并建立了可循环、可持续改进的评估机制。教学实践表明，本教学模式能够提高学生对高频电子电路的理解、分析与设计能力，为提升学生的工程实践素养提供教学基础。

关键词：ADDIE 模型；高频电子技术；混合教学模式

Research on Teaching Reform and Practice of High-Frequency Electronic Technology Course Based on the ADDIE Model

Sun Peigang[1], Zhang Quanyu[1], Zhao Jinyang[2]
1. Suihua University, Electrical Engineering College, China Heilongjiang Suihua 152061
2. Suihua University, School of Economics and Management, China Heilongjiang Suihua 152061

Abstract: The course on high-frequency electronic technology is a comprehensive electronic engineering discipline that primarily covers mathematical theories, circuit principles, and signal spectrum analysis. During teaching, issues such as the disconnect between theoretical knowledge and practical skills, as well as insufficient alignment between "learning" and "application," often arise. To address these problems, this paper designs a blended teaching model based on the ADDIE framework, aiming to organically integrate the theory, system simulation, and practice of high-frequency electronic technology courses. Additionally, a cyclical and continuously improvable evaluation mechanism is established. Teaching practice demonstrates that this model enhances students' understanding, analysis, and design capabilities in high-frequency electronic circuits, providing a pedagogical foundation for improving their engineering practice skills.

Keywords: ADDIE model; High-frequency electronic technology; Blended teaching model

0 引言

高频电子技术作为电子信息工程、通信工程等专业的核心课程，其知识体系是现代无线通信、雷达、卫星导航等技术的基础。课程内容涉及非线性电路、分布参数系统、阻抗匹配及射频系统架构等复杂理论与技术，具有概念抽象、数学分析繁琐、工程实践性强的突出特点。长期以来，该课程的教学普遍面临“教师难教、学生畏学”的困境。传统的教学模式以教师讲授、理论推导为主，往往使学生陷入了繁杂的公式推导与计算中，难以形成对高频电子技术及原理的直观性，很难将理论知识有效转化为解决实际工程问题的能力。这种教学模式与工程教育认证所强调的“解决复杂工程问题能力”的培养目标存在明显差距。

为了解决这一教学难题，本文从教学设计的系统性、科学性入手，寻求一种能够贯穿课程建设全过程、且可循环迭代的指导框架。ADDIE 模型（Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation）作为一种经典且成熟的教学系统设计模型，以其系统化、流程化和以学习者为中心的特点，为课程改革提供了理想的理论框架。

1 ADDIE 模型内涵与课程改革的适用性

1.1 ADDIE 模型内涵

ADDIE 模型主要包含分析（Analysis）、设计（Design）、开发（Develop）、实施（Implement）与评估（Evaluate）五个阶段，是一套有系统地发展教学的方法，也是混合式课程开发的模型之一，将 ADDIE 模型应用于高频电子技术

课程的教学研究，具有一定的研究意义。模型的理论框架设计如图 1 所示。

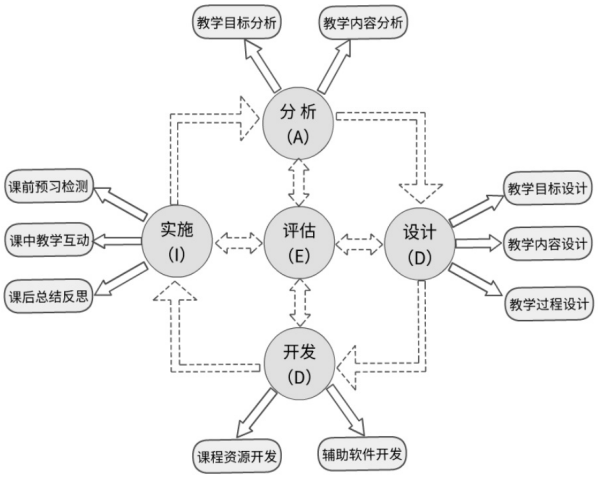

图 1 ADDIE 模型理论框架设计图

分析阶段的任务是明确教学目标和教学内容，这一阶段是明确高频电子技术课程主要涵盖的教学内容，并分析各教学内容在课程实践中起到的指导性作用，旨在解决“教什么”的问题。设计阶段基于上阶段的分析结论，规划本课程的教学目标、教学内容及教学过程的具体化设计，如何将理论、仿真、实践在教学过程中进行合理化融合，是本阶段的重点问题，即解决“怎么教”的问题。开发阶段将设计方案转化为可用的教学材料，课程资源开发包括课件、教案、微课、试题库等方面，辅助软件用以完成高频电路模型、信号频谱分析等内容的图形化设计，实现抽象的理论内容可视化。实施阶段是教学设计的执行过程，按照课前预习、课中教学互动、课后总结反思的流程进行课堂活动，并实现理论、仿真和实践的一体化设计。根据实际情况动态调整。评估阶段包括对学生学习效果的形成性与总结性评价，也包括对教学设计与资源融入的合理性判断总结，并为下一轮教学的持续改进提供数据支撑。

1.2 课程改革的实用性

第一，高频电子技术课程涵盖通信基础、高频小信号选频放大器、高频功率放大器、高频正弦波振荡器、幅度调制与解调、角度调制与解调六大模块，课程的各模块功能既相互独立，又可相互组合联调工作，存在内在联系，这与 ADDIE 的五阶段化设计模型的高度契合。

第二，课程以高等数学、模拟电路、信号与系统等课程为基础，涉及到数学分析、电路基础及信号分析等方面的知识，理论基础要求较高，涉及大量的数学公式和物理概念，学生畏难情绪普遍，这要求教学设计必须精准定位学习者的认知起点。许多学生在进入本课程时，仍然习惯用低频电路的分析思维处理高频问题，例如将集总参数模型直接套用于分布参数情境等。分析阶段通过前置课程成绩追踪和学情问卷，能够识别出这些常见的前概念误区，从而在设计阶段安排有针对性的概念转变活动。没有系统化分析，教学就容易陷入“教师照本宣科、学生被动接受”的困境。

第三，课程的实践性极强，在基础电路设计的前提下，还需要考虑到各种噪声干扰、分布参数等外界因素对系统的影响。学生在基础实验环节中往往仅限于连线与测试，基本以验证性操作为主，一旦实验数据、波形或者参数出现明显偏差，或者进行系统扩展时，学生的独立分析和处理能力较差，缺乏将理论知识转化为实践能力的训练。其中，ADDIE 模型中的开发阶段可以围绕本课程六大模块建设仿真和实验平台，建立理论到实践的转化通道。实施阶段采用“理论精讲、仿真验证、硬件实测”三段式流程设计，使学生可以利用开发平台完成理论知识从抽象到具体、从仿真到实践的设计流程，形成理实一体化的教学设计。

第四，课程的教学效果缺乏有效的改进机制，传统考核以期末闭卷考试为主，侧重于理论知识点、公式推导、电路计算等内容，缺乏考核学生在仿真工具使用、实验操作、数据分析等方面的实践能力。ADDIE 模型将评估阶段设计为贯穿全程的反馈系统，形成性评价涵盖预习检测、课堂表现、单元知识点总结、期末考核等，总结性评价引入系统模型仿真、实践操作、综合项目设计等能力方面的考核，形成更为合理的多元化考核机制。

综上所述，高频电子技术课程的改革需求与 ADDIE 模型的内核融合度较高。在教学运行中，该模型为本课程提供了科学的系统框架，并将“系统设计、数形结合、持续改进”的教学模式形成闭环，为理论、仿真、实践的一体化教学奠定了基础。

2 基于 ADDIE 模型的高频电子技术课程教学改革实施方案

2.1 分析阶段：教学目标和教学内容分析

从教学目标看，通信基础模块的目标是让学生建立无线收发系统的整体框架，理解发射机与接收机的基本组成及各部分功能，这一目标属于认知层面的系统构建。高频小信号选频放大器的教学目标则要求学生掌握谐振回路选频特性、晶体管高频等效模型及稳定性分析方法，属于系统从低频分析向高频分析的跨越。高频功率放大器的目标聚焦于丙类工作状态、导通角与效率的关系，强调工程中

的效率优先原则。高频振荡器的目标是理解正反馈起振条件、三点式振荡器的构成规则，这是通信系统中高频载波信号产生的理论基础。幅度调制与解调模块的目标是掌握调幅波频谱结构、调制系数的影响及检波原理；角度调制与解调则要求学生区分调频与调相、理解频偏与调制指数的工程意义。

从教学内容分析看，每个模块都包含若干学生普遍感到困难的知识点。例如小信号放大器的稳定性判别需要引入 S 参数，学生缺乏射频测试的直观经验；丙类放大器的基极偏置与导通角的关系涉及非线性工作点分析，初学者容易混淆；振荡器的起振条件同时涉及振幅与相位两个维度，理解门槛较高。本文采用“知识点、难点、教学策略”三维表格。以六大模块为行，每一行列出核心知识点、难点、拟采用的教学策略，明确各模块的教学重点与潜在难点，如表 1 所示。

此外，行业对高频人才的能力需求也应纳入分析视野。目前电子制造企业普遍反映毕业生对频谱分析仪、矢量网络分析仪操作生疏，对 ADS 等仿真工具缺乏系统训练。因此教学分析中需要明确将“仿真工具使用”和“仪器操作”作为能力目标嵌入各模块。

2.2 设计阶段：教学目标、内容与过程设计

在分析结论基础上，设计阶段从知识、能力和素质三方面规划出具体的教学方案。结合课程的六大模块，并需要进一步细化成可测量、可评估的行为指标。以高频正弦波振荡模块为例，设计如下：知识层面掌握高频振荡器的设计原理及平衡、起振与稳定条件；能力层面能使用 Multisim 搭建电容三点式振荡电路，仿真振荡波形，并根据电路参数计算环路增益、振荡频率等参数；素养层面能按照仿真电路扩展到实践电路设计，根据设计要求能够对振荡电路进行改进，并撰写设计报告，分析测试结果。

教学内容设计方面，以“载波产生、信号放大、频谱搬移、信息解调”为主线，构建六大模块的层级递进结构。通信基础模块置于首位，重点介绍发射机与接收机的系统架构，使学生在课程之初建立整体认知。随后为高频小信号选频放大器，因为线性放大是后续分析的基础。高频功率放大器虽然也是放大，但其非线性特征明显，放在线性放大之后有利于对比教学。振荡器本质上是一个带正反馈的放大器，放在放大模块之后逻辑通顺。幅度调制与解调、角度调制与解调作为信号的频谱搬移与恢复，放在载波产生和放大之后，自然过渡到系统级应用。这样的递进关系可以在开课时向学生展示，使其明确每一章在整个课程体系中的位置。

教学过程设计采用“理论精讲、仿真验证、硬件实测”三阶段递进模式。每个模块的核心原理用不超过 20 分钟的讲授完成，随后立即进入仿真操作环节，让学生通过改变参数观察电路性能的变化，从“听原理”转向“看变化”。硬件实测安排在仿真之后，目的是让抽象的理论和虚拟的波形与真实的电路元器件建立联系。以 AM 调幅信号为例，理论精讲振幅调制原理及调幅波表达形式，然后用 MATLAB 软件仿真调幅波在不同调制系数下的波形图，给

表 1 知识点、难点、教学策略三维表

模块	知识点	难点	教学策略
通信基础	通信系统组成、电磁波划分与传播、非线性电路特点	1. 分布参数对高频电路的影响；2. 接收设备噪声系数的计算	结合收音机结构实例引入系统框架；非线性与线性电路的特点对比
高频小信号选频放大器	LC 谐振回路选频特性、晶体管 y 参数等效模型、调谐放大器与集中选频放大器	1. 品质因数与通频带、选择性的关系；2. 阻抗变换原理与折算方法	用 MATLAB 仿真 Q 值变化对谐振曲线的影响；对比实验：调谐与集中选频放大器的通频带与滤波特性测试；
高频功率放大器	丙类放大器的工作原理、工作状态及特性分析；谐振功率放大电路	1. 负载、集电极电源、输入信号幅度对功率放大器工作状态的影响；2. 滤波匹配网络的设计与应用	通过实验电路测试负载特性；根据实际负载和功率放大器工作于临界状态所需的负载，设计谐振功率放大器的网络参数
高频正弦波振荡器	互感耦合型振荡器、三点式振荡器及晶体振荡器的基本工作原理	1. 振荡条件与电路参数的关系及相关参数计算；2. 泛音晶体振荡器的参数设计	通过软件仿真振荡器的起振过程；通过实验电路测试振荡信号频率范围，并与理论计算范围做对比
幅度调制与解调	AM、DSB、SSB 调制原理、调幅波的频谱与带宽、包络与同步检波	1. 包络检波中的惰性失真与负峰切割失真产生原因及避免方法；2. 电路参数对调幅系数的影响	通过软件仿真 AM、DSB 及 SSB 的波形及频谱结构；通过设置包络检波器的负载值，观测惰性失真及附峰切割失真波形；
角度调制与解调	FM 与 PM 关系与区别、变容二极管直接调频、斜率鉴频与相位鉴频器	1. 相位鉴频器的解调原理；2. 变容二极管调频中产生非线性失真的原因与线性化方法	通过软件仿真 FM 与 PM 波形并进行对比；通过实验了解调频信号的实现及解调流程

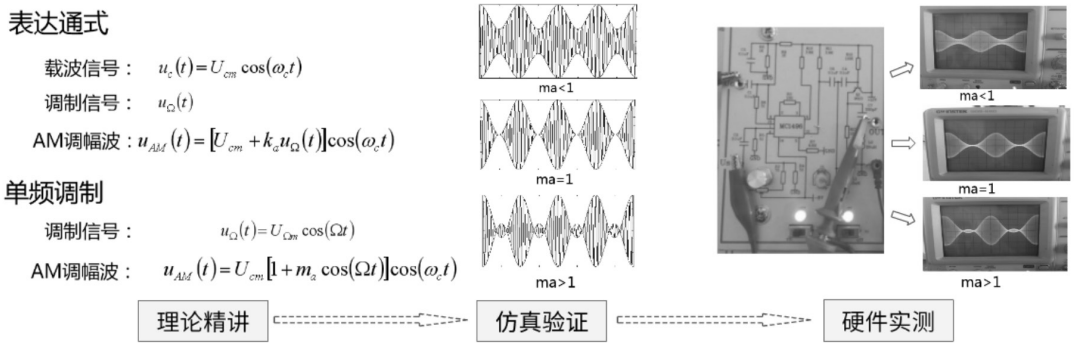

图 2 三阶段递进模式实施图例

予学生直观感受，最后在通过硬件电路系统测试实际信号波形，达到理实一体化的教学效果，图例如图 2 所示。

2.3 开发阶段：课程资源与辅助软件开发

核心教学资源的开发遵循“针对性、层次性、可复用”原则。针对六大模块分别开发一套完整的课件、讲义与习题。课件制作注重可视化表达，将电磁波传播、谐振曲线、调幅波形等抽象概念转化为动画演示，多用图示和流程图。对于操作性强的内容，如滤波匹配网络参数设计、变容二极管调频电路等内容，录制 10 分钟左右的微课，侧重操作演示与步骤讲解。对于需要反复练习的内容，如各类电路的性能参数计算，建设分层级的试题库，基础题用于课后自测，综合题用于单元测验。

辅助软件工具的整合开发是本方案的重点。围绕六大模块设计配套的仿真实验项目，仿真平台以 MATLAB 为主，形成“基础验证型、参数分析型、设计优化型”的梯度。通信基础模块可开发一个“简单 ASK 调制解调系统”的仿真文件，让学生从整体上感知信号从基带到射频再返回基带的过程。小信号放大器模块开发“谐振频率与 Q 值参数扫描”项目，学生可实时观察幅频特性的变化。高频功率放大器模块开发“导通角与效率关系”仿真项目，通过改变偏置电压观察集电极电流波形从甲类向乙类、丙类的演变过程。振荡器模块开发“三点式振荡器起振条件验证”项目，设置不同的反馈系数和回路参数，观察起振的边界条件。幅度调制模块开发“调制系数 ma 对调幅波形影响”的交互演示。角度调制模块利用搭建调频波生成模型，展示调制指数变化对频谱宽度的影响。Altium Designer 用于后期综合项目中的 PCB 布局布线教学。所有仿真资源以模块为单位打包，学生可在课后反复调用。

硬件实验平台同步建设。根据六大模块的实验需求，配置频谱分析仪、信号发生器、示波器、直流电源等基础仪器，并开发配套的实验指导手册。实验内容从验证性向设计性过渡，例如小信号放大器实验从“测量谐振频率和增益”逐步过渡到“设计一个中心频率可调的选频放大器”。每个实验在指导书中明确“预习要求”“实验步骤”“思考题”三部分，预习要求中列出需要提前观看的微课和需要计算的预备数据。

2.4 实施阶段：课前预习、课中互动与课后总结

实施阶段将开发好的资源投入真实教学，按照课前、课中、课后三个环节有序推进。

课前预习环节，每次上课前 48 小时通过学习通在线平台发布预习任务包。以高频功率放大器为例，预习任务包括：观看 5-10 分钟的微课视频，微课以介绍丙类放大器的基本概念、工作波形导通角与效率关系等基础内容为主，并完成预习自测题，根据自测题的结果汇总到教师端，教师据此判断学生对丙类工作状态的理解程度，若正确率低于 60%，则在课堂上增加该知识点的演示讲解。

课中互动环节将每个知识点的教学按照“短讲、提问、随堂仿真”的步骤推进。教师先用 8 到 10 分钟精讲核心原理，随后抛出一个互动问题，例如讲授高频振荡器时提问：“若将三点式振荡器的反馈电容增大，振荡频率会如何变化？”学生通过课堂应答系统或小组讨论给出答案，教师即时公布统计结果并分析正误原因。接着进入随堂仿真环节，学生在教师指导下打开预设的仿真文件，手动改变反馈电容的数值，观察振荡频率的实际变化。这种“猜想—验证”的模式可以极大提升学生的参与度，使学生的注意力在 20 分钟左右的周期内得到有效维持，并实现了“即学即用”。对于幅度调制与解调等综合性强的内容，可安排一次翻转课堂：例如让学生分组研究包络检波与同步检波两种解调方法的优缺点，课堂上每组用 5 分钟汇报，其他组提问，教师最后总结并补充课堂教学实例。

课后总结环节强调知识的巩固与迁移。每次课后布置一个小型仿真任务，例如学完小信号放大器后，要求学生将中心频率从 10MHz 改为 15MHz，重新计算谐振回路的元件参数并在仿真中验证，提交修改前后的对比截图及分

析结论。每完成一个模块，布置一次综合仿真作业，如学完振荡器模块后，要求设计一个 10MHz 的电容三点式振荡器，仿真输出波形并测量振荡频率。课程后半段设置一个贯穿性项目：以小组为单位完成“简易调幅发射机”的设计与仿真，涵盖振荡器、选频放大器、调制器三个核心环节，项目分阶段提交方案、仿真结果和最终报告。

2.5 评估阶段：形成性与总结性评价

评估阶段收集教学过程中的各类数据，用于判断教学目标的达成情况并指导后续改进。形成性评价贯穿于课前、课中、课后各教学环节。课前预习自测题的得分率反映了学生对基础概念的掌握程度，教师可据此调整课堂侧重点。课堂互动环节的答题情况记录了学生的即时理解水平，对普遍答错的问题及时补充讲解。仿真作业和实验报告重点评价分析过程而非结果正确性，关注学生是否能够合理解释电路参数变化与性能指标之间的因果关系。单元测验安排在每两个模块结束后，以选择题和简答题的形式为主。客观题自动阅卷，简答题教师批阅，识别知识薄弱点并反馈到后续教学中。

总结性评价在课程结束后进行，包括期末闭卷考试和综合项目答辩两部分。期末考试成绩占总评的 50%，试题中基础概念与电路参数计算类题目占 40%，系统设计和综合计算类题目占 60%，减少公式默写类题目比重。综合项目占总评的 20%，要求小组现场运行仿真文件、展示输出波形、回答教师关于设计思路和调试过程的提问。平时作业与单元测验合计占 30%。此外，课程结束时开展匿名问卷调查，收集学生对微课资源、仿真项目、实验指导书的满意度，以及对教师授课方法、互动效果等方面的反馈[6]。

评估结果的应用是形成质量闭环的关键。课程教学团队在学期末对照各项数据，识别本轮教学中的薄弱模块。例如，若发现“角度调制与解调”单元测验的平均得分显著低于其他模块，则在下一轮教学中需重新审视该模块的分析结论，加强该部分的仿真项目开发，并在设计阶段为其分配更多课时，以保障课程质量的持续提升。

3 结语

本研究通过系统引入 ADDIE 模型，结合高频电子技术课程内容完成了从理论、仿真到实践的混合式教学设计。实践表明，该模型可为课程改革提供一个逻辑清晰、操作性强、且具有持续改进特征的科学框架。通过“分析、设计、开发、实施、评估”五个阶段的循环推进，可有效实现课程内容与前沿技术的同步、理论教学与仿真、实践训练的融合、以及评价反馈与持续改进的联动，最终显著提升课程教学质量与学生的工程实践能力。

参考文献：

[1] 胡蔓，陈良，郑超. OBE 理念下 ADDIE 模型的虚拟仿真实验教学项目全过程设计与实践[J]. 实验室研究与探索，2026, 45(6): 210-216.

[2] 汪海波，杨金，樊敏等. 面向工程认证的微电子“高频电子线路”课程教学改革探索[J]. 安庆师范大学学报（自然科学版），2024, 30(4): 102-107.

[3] 张月霞. 新工科背景下高频电子线路课程改革研究[J]. 北京信息科技大学学报，2022, 37(3): 88-92.

[4] 李小燕，王华. Multisim 和 MATLAB 在高频电子线路仿真教学中的应用[J]. 安顺学院学报，2023, 25(6): 127-131.

[5] 陈敏，王志强.课程思政教学设计：基于 ADDIE 模型的过程与方法[J]. 教育导刊，2023(11): 45-50.

[6] 侯周国，刘湛. 专业认证背景下的电磁场与电磁波课程教学改革实践[J]. 创新创业理论研究与实践，2023(8): 112-115.

[7] 蔡洋，曹玉凡，张宝玲等.“电磁场与电磁波”的信息化教学研究与实践[J]. 科技与创新，2022(2):138-140.

基金项目：绥化学院教育教学改革研究项目（JY2024006）。

作者简介：孙培刚（1982-），男，硕士，讲师，研究方向：从事电子电路、信号与系统、通信等方面的教学研究工作。