

Application of Sandwich Teaching Method in Postgraduate Teaching in the “Antenna Theory and Design” Course

Hui Zhang, Jianwei Zhan, Yanling Li, Jianqiang Qin, Fei Cao

PLA Rocket Force University of Engineering, Xi'an Shaanxi
Email: huizhange@163.com

Received: May 24th, 2020; accepted: Jun. 8th, 2020; published: Jun. 15th, 2020

Abstract

The paper investigates the application of sandwich teaching method in the antenna theory and design course. Firstly, the “theory-design-theory” teaching mode is applied in every class. Then, the “class-design homework-class” teaching mode is applied in whole course. It has been proved by practice that the sandwich teaching method can well integrate theoretical teaching and deepen students’ understandings of “the antenna theory and design” course, train students’ ability in independent innovation.

Keywords

The Antenna Theory and Design, The Sandwich Teaching Method, Characteristic Equations

“三明治”教学法在“天线原理与设计”课程教学中的应用

张 辉, 占建伟, 李艳玲, 秦建强, 曹 菲

火箭军工程大学, 陕西 西安
Email: huizhange@163.com

收稿日期: 2020年5月24日; 录用日期: 2020年6月8日; 发布日期: 2020年6月15日

摘 要

本文将“三明治”教学方法应用到硕士研究生“天线原理与设计”课程中。在课堂上采用“理论-仿真

设计 - 理论”的教学方法。教学实践证明，“三明治”教学方法作为一种新的教学手段，给学生提供了理论与实践相结合的学习机会，真正实现“知识 - 能力 - 素质”的一体化教育。

关键词

天线原理与设计，“三明治”教学方法，特色教学

Copyright © 2020 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

“天线原理与设计”课程是电子工程专业硕士研究生的一门重要专业基础课程，需要学生掌握天线的基本理论和设计方法。由于天线设计的推导复杂、概念抽象，学生在课堂上存在理解和掌握困难的问题。针对课程特点，我们借鉴“三明治”教学理念[1]，将“三明治”教学方法[2][3]应用到《天线原理与设计》课程教学过程中，最大限度让位给学生的个人仿真实践，不仅可以在教学过程中演示，帮助学生理解抽象的概念和公式，还可以由学生单独完成各种电磁场的实验仿真，培养学生创新和实践能力。

2. “三明治”教学模式

英国桑得兰德技术学院于1903年开创了“三明治”教育(Sandwich Education)[1]，其主要模式为“理论 - 实践 - 理论”。“三明治”模式[2]是把课程设计、理论研究、实习与教学融为一体，使学生在所选择的典型工作环境中学习，给学生提供了理论与实践相结合机会，又培养了学生的专业技能和创造力。

目前，“三明治”教学模式在欧洲的工商管理学科普遍实行。在中国，“三明治”人才培养模式正在逐步开展。2011年，天津大学的管理与经济学部开展校企合作探索“三明治”式人才培养模式；近期，深圳职业技术学院、无锡职业技术学院、杭州职业技术学院等也正在提倡或开展。由此，可以看出，“三明治”式人才培养模式正由于其独特优势受到各个层次办学院校的青睐。

但是“三明治”教学方法偏重于“校企”结合的方式提高学生的能力和素质，这种教学方法对学校和企业都有很高的要求，很难在实际中开展和应用。我们借鉴“三明治”教学理念，根据“天线原理与设计”的课程特点，在课堂上采用“理论 - 仿真设计 - 理论”的教学方法，以解决该课程理论推导复杂、手算困难、概念抽象等困难而带来的学员在课堂上难以理解和掌握的问题，有效提高教学效果。

3. “三明治”教学方法

传统的研究生课程“天线原理与设计”的教学模式多是以教学为主，学生的课堂参与程度较弱。心理学家认为，学习是一个高度个人化的过程，课堂学习中只有融入个人的学习和实践阶段，教学才能真正发生。为了提高学生在课堂上的学习效果，我们在课堂上采用“理论 - 仿真设计 - 理论”的“三明治”教学设计，教学实施如图1所示。

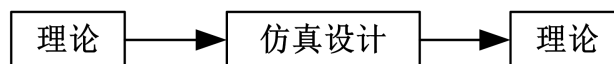


Figure 1. Classroom “sandwich” teaching concept
图 1. 课堂“三明治”教学理念

首先是“理论”学习，以教师讲解为主。讲解天线的基本辐射原理，通过数学推导得出天线的基本辐射特点，使学生从原理上理解天线的工作性能。教师首次的理论讲解对于整个学习过程起到决定性作用，其目的在于明确学习目的，为后续的“仿真设计”进行铺垫。

然后是“仿真设计”学习。教师引导学生共同应用天线仿真软件[4] - ANSOFT-HFSS，对天线进行物理建模、设置材料参数及仿真模式[5]，通过软件运行，得到天线的电参数[6]，使学生加深对天线理论的理解[7]。此阶段是学生个人学习阶段，可以进行小组讨论以及小组交叉讨论，所有的学生都要积极参与到教师设计的任务中。

最后是“理论”学习。根据仿真设计的结果，总结天线结构参数与性能指标之间的映射关系，利用已有的仿真模型，分析天线的结构参数，加深和巩固学生对天线理论的理解。

4. “三明治”课程教学案例

下面以《天线原理与设计》课程中的“八木天线”为例，阐述“三明治”教学方法的实施过程。

八木天线是由一个有源振子和若干无源振子组成，如图 2 所示。八木天线是一个定向性天线，广泛应用于雷达探测、通信及广播电视接收等。根据前面课程内容的学习，学生们已经掌握了一个有源振子的辐射方向图是全向的，而通过加载若干无源金属杆就将“全向天线”转变为“定向天线”，这让学生们难以理解和掌握。

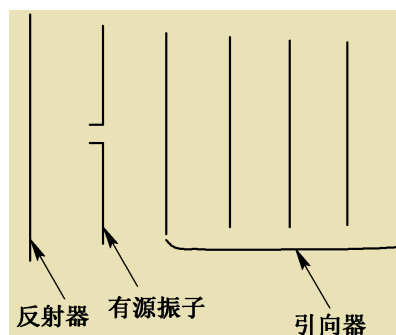


Figure 2. Schematic diagram of Yagi antenna
图 2. 八木天线示意图

下面通过“理论 - 仿真设计-理论”的“三明治”教学设计，使学生加深对八木天线的理解。

1) “理论”学习

目标：一个有源振子和一个无源振子合成方向图。

方法：通过两个天线单元的辐射场叠加，得到辐射总电场。

一个有源振子和一个无源振子的空间分布如图 3 所示，其辐射场如下：

$$\vec{E}_1 = E_m F_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jkR_1}}{R_1} \vec{e}_\theta$$

$$\vec{E}_2 = e^{j\alpha} \cdot E_m F_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jkR_2}}{R_2} \vec{e}_\theta$$

近似条件:

$$R_2 \approx R_1 - d \cos \delta$$

二单元阵合成辐射电场

$$E = E_1 + E_2 = E_m \frac{e^{-jkR_1}}{R_1} F_0(\theta, \varphi) (1 + me^{j\alpha} \cdot e^{jkd \cos \theta}) \bar{e}_\theta$$

进而得到

$$E = E_m \frac{e^{-jkR_1}}{R} F_0(\theta, \varphi) F_a(\theta, \varphi)$$

$$F_a(\theta, \varphi) = 1 + me^{j\alpha} \cdot e^{jkd \cos \theta}$$

其中, $F_a(\theta, \varphi)$ 是二元阵的方向图, 通过调整振子的间距及电流分配比, 可达到控制天线方向性的目的。但是二元阵方向图存在手算困难的问题, 学生无法直观地观察到二元阵方向图, 进而对结构更复杂的八木天线存在理解和掌握困难的问题。

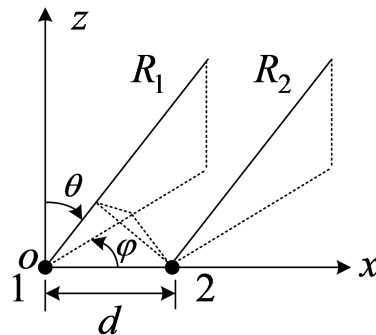


Figure 3. Spatial distribution of an active oscillator and a passive oscillator
图 3. 一个有源振子和一个无源振子的空间分布

2) “仿真设计”学习

下面, 引导学生应用天线仿真软件 ANSOFT-HFSS, 分别对无源振子短于有源振子和无源振子长于有源振子两种情况进行建模仿真, 然后对一个典型八木天线的方向图进行仿真计算。

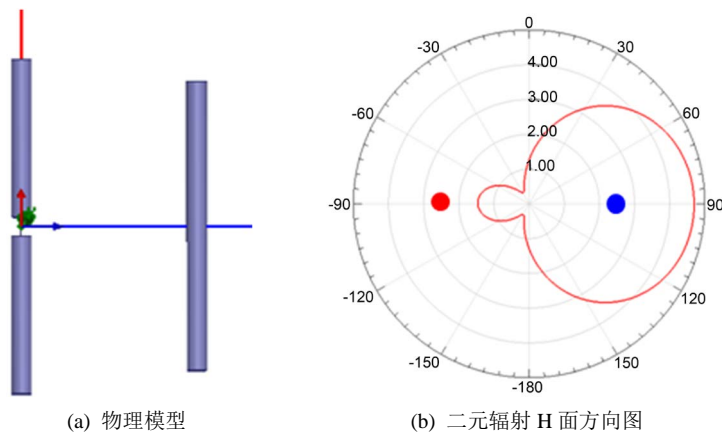


Figure 4. Simulation model of passive vibrator shorter than active vibrator (blue dot refers to passive vibrator, red dot refers to active vibrator)

图 4. 无源振子短于有源振子的仿真建模(蓝点代指无源振子, 红点代指有源振子)

当无源振子短于有源振子时，物理模型如图 4(a)所示。经过仿真计算，得到二单元辐射方向图如图 4(b)所示，最大辐射方向偏向无源振子所在方向。此时，无源振子起引导有源振子辐射场的作用，又称为引向器；

当无源振子长于有源振子时，物理模型如图 5(a)所示。经过仿真计算，得到二单元辐射方向图如图 5(b)所示，最大辐射方向偏向有源振子所在的方向。此时，无源振子具有反射有源振子辐射场的作用，又称为反射器。

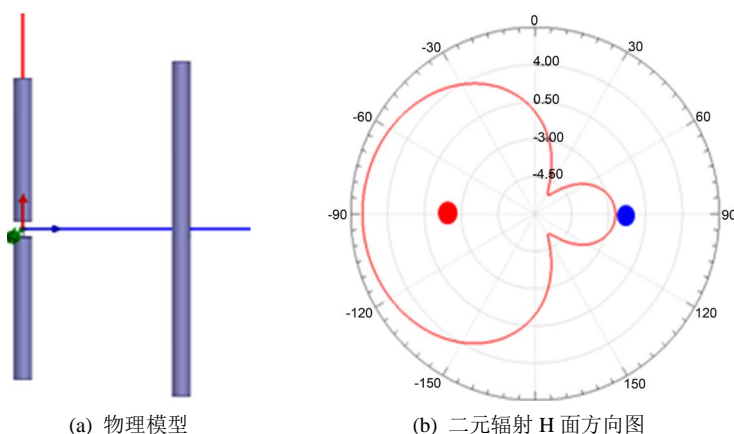


Figure 5. Simulation model of passive vibrator longer than active vibrator (blue dot refers to passive vibrator, red dot refers to active vibrator)

图 5. 无源振子长于有源振子的仿真建模(蓝点代指无源振子，红点代指有源振子)

对一个典型八木天线进行仿真计算，如图 6 所示。八木天线的方向图是定向性的，并且指向短无源振子的一侧。这与课本上的结论是一致的。

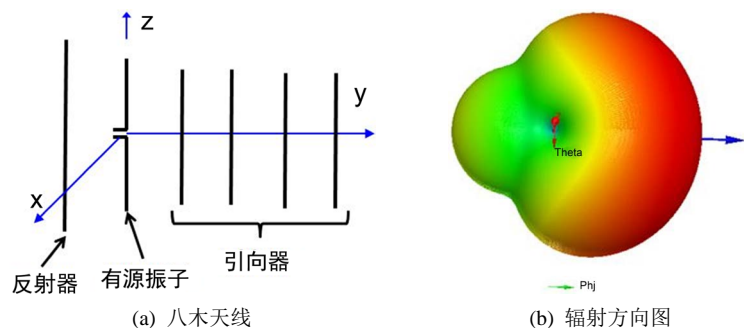


Figure 6. Yagi antenna and its radiation pattern

图 6. 八木天线及其辐射方向图

在此阶段，以学生个人学习为主，可以进行小组讨论以及小组交叉讨论，然后在个人电脑上进行仿真设计，积极参与到教师设计的任务中。

3) “理论”学习

根据仿真分析结果，当无源振子短于有源振子时，无源振子起引向器的作用——引导有源振子辐射场。当无源振子长于有源振子时，无源振子起反射器的作用——反射有源振子辐射场。八木天线是由一个有源振子和若干长度不等无源振子组成，如图 6(a)所示。长度较短的无源振子作为引向器，长度较长的无源振子作为反向器，因此合成的方向图必然指向短无源振子一侧，如图 6(b)。

根据前面的分析,八木天线本质是一个天线阵,通过对有源振子馈电,无源振子(反射器和引向器)靠与有源振子之间的近场耦合产生感应电流形成激励,感应电流的大小取决于振子的长度及间距。因此,通过调整各振子的长度及间距,可改变各振子之间的电流分配比,从而达到控制天线方向性的目的。这与前面“理论”学习的结论一致。

在此阶段,以教师讲解为主,中间穿插着引导、提问、小组汇报等教学方法,让学生更好地理解天线辐射的基本原理和设计方法。

5. 结束语

我们借鉴“三明治”教学理念,根据“天线原理与设计”的课程特点,在课堂上采用“理论-仿真设计-理论”的教学方法,对“三明治”教学方法进行探索和实践。整个教学设计摒弃了教师占绝对地位的讲授,最大限度让位给学生的个人仿真实践,在环节设置和时间节点的把控上有效遵循学生学习时的生理和心理需求。经过两个学期的教学实践,大大地改善了课堂教学效果,学生的课堂参与程度要优于传统课堂。课后问卷分析发现大多数学生对“三明治”这种教学表示感兴趣,约有92%的学生对“三明治”教学形式表示“非常感兴趣”或“比较感兴趣”,100%的学生表示愿意再次参与“三明治”教学。“三明治”教学方法不仅让学生掌握了常见天线的基本理论和设计方法,还增强了学生的工程实践经验,为学生后续开展课题研究打下了坚实的基础,真正在课堂上实现“知识-能力-素质”的一体化教育。

参考文献

- [1] 刘京华,文伽,李延红,等. “三明治”教学方法[J]. 中国现代教育装备, 2009(16): 7-10.
- [2] 黄庆凤,胡兵,李战春. 三明治教学法在计算机基础教学中的应用[J]. 高教学刊, 2015(18): 117-118.
- [3] 许瑜函,朱慧,谭梦晖,等. “三明治”教学法设计下学生课堂参与分析[J]. 复旦教育论坛, 2016(14): 107-112.
- [4] 褚慧. 初探电磁仿真软件与电磁场与微波技术课程的结合[J]. 高校讲坛, 2014(7): 97-98.
- [5] 侯维娜,邵建兴. AnsoftHFSS 仿真软件在天线教学实践中的应用[J]. 数字通信, 2009, 36(4): 87-89.
- [6] 黄健全,蒋纯志,谭乔来. HFSS 仿真在电磁场与微波技术教学中的应用[J]. 高等理科教育, 2007(4): 137-140.
- [7] 张祥军. 电磁仿真软件在“电磁场与微波技术”课程教学中的应用[J]. 中国电力教育, 2010 年管理论丛与技术研究专刊: 150-152.