

# “电磁场与电磁波”实践训练环节的暑期学校模式

张 朵,王 辉,丁光泽,高国平,梅中磊

(兰州大学 信息科学与工程学院,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**针对“电磁场与电磁波”课程中动手实践环节的实施难问题,采用暑期学校模式,设计了可用于一周或者二周时长的集中实践环节,涵盖天线理论、波导理论、传输线理论等知识点,训练学生的数值计算能力、全波仿真能力、动手加工能力以及实际测量能力等。实践证明,该实践训练方式投入少、收效大,可以有效提高学生手脑并用、知行合一的综合创新能力,对于电子信息类专业开展暑期学校、课程设计等,具有参考意义。

**关键词:**暑期学校;电磁场与电磁波;实践

中图分类号:G421

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2021)01-0126-04

## A Summer School Model Suitable for the Practical Content of Electromagnetic Fields and Waves

ZHANG Duo, WANG Hui, DING Guang-ze, GAO Guo-ping, MEI ZHONG-lei

(Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** In view of the difficult implementation of the hands-on practice in the course of Electromagnetic Fields and Waves, the summer school model is adopted to design a concentrated practice session that can be used for one week or two weeks, covering antenna theory, waveguide theory, transmission line theory and other knowledge points for training students. Numerical calculation capability, full-wave simulation capability, hands-on skills, and actual measurement capability can all be intensively trained in this process. Practice has proved that the training method has less investment and great effect, which can effectively improve the comprehensive innovation ability and practice skills of students. It has reference significance for the summer school and curriculum design of electronic information majors.

**Keywords:** summer school; electromagnetic fields and waves; practice

## 0 引言

“电磁场与电磁波”课程是电子信息类专业重要的一门基础课,是“光纤通信”、“微波技术”、“天线”等课程的基础。它主要讲述电磁场的基础理论和基本概念,课程具有理论性强、数学基础要求高和概念抽象等特点。同时,该课程实践器材一般占地面积大,费用较高,统一组织学生参与动手实践较为

困难。单纯使用电磁仿真软件可以在一定程度上解决实践教学环节不充分的问题,但不能完全替代动手实践环节。

在大多数高校,学生必须要花费20周的时间来进行该课程理论学习,在这期间除了要完成授课教师布置的课程作业以外,还要通过各种各样的考试。在这种制度下,学生精神处于高度紧张的状态。而随后近两个月的暑假时间,学生基本是自主安排学

收稿日期:2019-11-16;修回日期:2019-12-13

基金项目:2019年甘肃省高等学校教学质量与教学改革工程项目子项目(2019-jxlg-y01)

第一作者:张朵(1996-),女,硕士在读,研究方向为电磁场与电磁波研究,E-mail:zhangDuo19@lzu.edu.cn

习,虽然可以弥补在正常学期中自主性过少的问题,但缺乏必要的考核和监督,不利于保持知识的连贯性<sup>[1]</sup>。若单独开设实验课程,不但周期较长,而且内容多为验证性实验,形式单一、乏味。

暑期学校是教学组织方式和人才培养模式上的一次创新。它的兴起顺应教学改革、建设学习型社会、提升国际竞争优势的需要<sup>[2]</sup>。国内外暑期学校模式都在不断变革、不断发展中,又适逢教育部提倡各高校开展课程实验教学改革,构建“金课”。因此,结合学科特点,我们设计了可用于两周或者一周时长的“电磁场与电磁波”集中实践环节,内容涵盖天线理论、波导理论、传输线理论等知识点,训练学生的数值计算能力、全波仿真能力、动手加工能力以及实际测量能力等。利用多种有效方法和手段,从软件仿真、实物制作和户外趣味活动三个方面对“电磁场与电磁波”课程实践环节进行了建设与研究,并提出了具体的建设和实施方案。

## 1 实践内容设计

该暑期学校模式以“丰富课余生活、强化知识体系、提高动手能力、培养创新精神”为指导思想,充分利于暑期课余时间,按照理论讲解、软件仿真、工程制作、实验测量、报告分析的全链条活动形式,为学生创造更多学习知识、交流合作、动手实践的机会,从而提升学生的综合素质,增强学生的社会竞争和适应能力。同时,考虑到学习“电磁场与电磁波”课程的学生数量较多,因此,暑期学校开展应具有投资少、见效快、效益高、可持续发展的特点。

### 1.1 内容设计

该暑期学校的覆盖内容大致包括以下几个方面。

#### 1) 天线相关基本理论

天线相关理论知识包括:天线性能参数、偶极子天线理论、纵向场法和规则波导、传输线理论等<sup>[3]</sup>。

#### 2) 科学计算工具 Matlab

Matlab 具有强大的科学计算功能,实践过程中的所有复杂计算都由 Matlab 完成。同时,带领学生熟悉 Matlab 的偏微分方程工具箱(PDE Toolbox),掌握二维稳定场方程、波动方程以及输运方程的求解步骤和方法,能够利用 PDETool 进行上述方程的数值求解、图形化演示<sup>[3]</sup>。

#### 3) 电磁仿真软件应用

在大多数情况下,电磁问题都没有解析解,必须使用数值计算方法如有限元、时域有限差分、矩量法等来完成相关计算工作<sup>[4~6]</sup>,如输入阻抗、天线方向图等。因此,掌握必要的数值计算方法和全波电磁仿真软件是必须的环节。这部分教学要求学生熟悉电磁仿真软件的工作环境及基本操作,能够完成简单天线结构的建模和仿真,并能够实现结果的可视化。

#### 4) 天线制作

本次暑期学校主要设计和加工两种天线,即铁罐天线和微带贴片天线。

其中,铁罐天线主要利用茶叶罐、咖啡罐等金属容器作为波导和反射器,单极天线作为激励,设计、仿真、加工并测试一种铁罐天线。涵盖矩形、圆形波导的传输理论,二维有限元仿真等。

微带贴片天线采用矩形微带贴片结构,涉及到传输线理论、谐振腔理论等,选用底馈方式,设计之前要先确定介质基板,计算微带贴片尺寸和馈电点的位置等,偏重全波仿真。该实践内容可以培养学生的机械制图能力、PCB 板加工能力、电磁仿真方法和天线测量能力等,并为今后就业、领域内深造打下基础。

图1和2给出了两种天线的实际照片。

#### 5) 天线应用

无线电测向是天线应用最有代表性的一项趣味运动<sup>[7]</sup>。在户外事先隐藏好数部信号源,定时发出规定的电报信号。参加者手持无线电测向机,测出隐蔽电台的所在方向,采用徒步方式,奔跑一定距离,迅速、准确地逐个寻找出这些信号源。以在规定时间内,找满指定台数、使用时间少者为优胜。活动中需要参赛者掌握偶极子天线的方向图函数,法拉第电磁感应定律,场的叠加原理等电磁理论。

### 1.2 课程详细安排

此次暑期学校活动的主要面向对象为有一定电磁基础,如学过“电磁场与电磁波”的本科生,人数大概在100人左右,活动时间持续两周。在场地安排上,需要一间实验室来加工测量天线;一个计算机机房用于电磁仿真;同时,需要一间教室开展理论知识讲授,配备基本的PPT设备。无线电测向活动在校园里开展,无需特意准备场地。所有学生每两人为一组组团,最终考核以小组为单位进行,主要根据两个天线的设计报告、无线电测向成绩等进行综合考核。

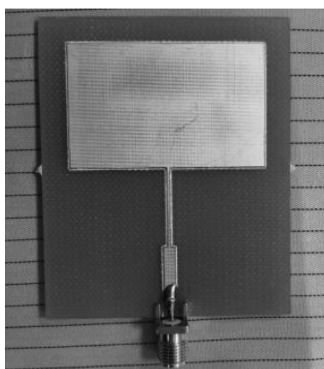


图 1 微带天线



图 2 铁罐天线

### 1.3 材料费用

举办暑期学校,针对 100 名左右的学生开展微带天线、铁罐天线以及无线电测向等等活动,所需设备、材料等如表 1 所示。

表 1 主要设备和材料费用安排表

材料、设备名称	数量	单价(元)	规格	总价(元)
矢量网络分析仪	1		覆盖 2.45GHz 即可	基础设备
无线电测向机	30	100	PJ-80 测向仪	3000
全可调信号源	1	800	配合 PJ-80 测向仪	800
普通信号源	8	600	配合 PJ-80 测向仪	4800
小计				8600
热转印机	1	350	无特殊要求	350
热转印纸	0.3	100	无特殊要求	30
电路板蚀刻机	1	350	无特殊要求	350
SMA 公头、母头 转接跳线	100	3.3	0.2m 长	330
SMA 连接器基座	100	1.3	外螺内孔	130
PCB 板	100	2.6	10*15CM	260
其他				500
小计				1950

其中,矢量网络分析仪要求覆盖 2.45GHz 频段即可,可以使用国产设备;无线电测向设备采购一

次,可以反复使用<sup>[8]</sup>;天线加工所需耗材很少,考虑充分冗余的情况下,不足 2000 元;实践所需茶叶罐需学生自备,需满足制作罐罐天线数据要求,长方体或圆柱体都可。

## 2 实施过程及效果

在上述设计的基础之上,“电磁场与电磁波”课程组开展了“我爱学电磁——暑期学校”活动,其具体的实施过程和效果列举如下。

### 2.1 具体实施过程

该活动于 2019 年 7-8 月开展,持续两周时间,参与对象为学习过“电磁场与电磁波”的本科生。所有参与的学生被分成两人一组,共 50 组,分别为 A1-A17, B1-B17, C1-C16。由于同时测试、加工的人数不能太多,采取 A、B、C 三组轮流开展测试、加工的方式,既节约了实验设备,又提高了教学质量。理论课程采用大课方式,三组学生同时参加。参与暑期学校的教师有 2 人(可以减为 1 人),实验师 2 人。

暑期学校课程整体安排如表 2 所示,表中部分时间安排可根据具体情况调整。

表 2 暑期学校时间安排表

	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
第 1-3 节	天线基础理论:电参数,偶极子天线,方向图的绘制	铁罐天线原理	微带天线原理	电磁仿真初步:偶极天线仿真, A 组	铁罐天线仿真, A 组
第 5-7 节	矩形波导和圆形波导:纵向场法	二维有限元	无线测向原理	偶极天线仿真, B 组	铁罐天线仿真, B 组
第 9-11 节				偶极天线仿真, C 组	铁罐天线仿真, C 组

接表 2

	第六天	第七天	第八天	第九天	第十天	第十一天
第 1-3 节	无线电测向活动	微带天线仿真, A 组	微带天线加工, A 组	微带天线测试, A 组	铁罐天线加工, A 组	铁罐天线测试, A 组
第 5-7 节	无线电测向活动	微带天线仿真, B 组	微带天线加工, B 组	微带天线测试, B 组	铁罐天线加工, B 组	铁罐天线测试, B 组
第 9-11 节	无线电测向活动	微带天线仿真, C 组	微带天线加工, C 组	微带天线测试, C 组	铁罐天线加工, C 组	铁罐天线测试, C 组

由于采取了模块化的设计,因此各学校可以根据自己的实际情况,对表格中的内容进行删减。如果增加教师人数,采用大机房、大实验室,则上述活动还可以将至1周时间,真正达到“短、平、快”的目的。

## 2.2 实施效果

历时两周的暑期学校为学生提供了一个集中学习、合作交流的机会。在此期间,学生们认真按照课程时间安排完成当天任务,积极和教师、同学交流自己的想法。两种天线的设计制作训练了学生的数值计算能力、全波仿真能力、动手加工能力以及实际测量能力等,使学生的实践技能显著提高。而穿插其中的无线电测向活动,则丰富了学生的课余生活、锻炼了身体,并且通过在实际应用中学习电磁知识,加深了对理论的理解和掌握。该暑期学校的实施收到了预期的效果。

活动结束后,学生积极踊跃地整理并提交了相关设计报告。在后续调查中发现,该项活动因其形式新颖、内容有趣、占用时间少、知识学习相对集中,受大多数学生欢迎,反响热烈。部分学生在讨论中还提出了改进意见,如适当普及科技前沿话题,增加天线种类等。根据掌握的情况,在后期学校组织的用人单位面试、研究生推免面试环节中,许多学生都详细汇报了个人在暑期学校的学习内容,以此增加个人在面试环节的“砝码”。这些也从侧面印证了活动的成功。

实践证明,该实践训练方式投入少、收效大,可以有效提高学生手脑并用、知行合一的综合创新能力,具有可持续性和普及性。

## 3 结语

总体来讲,针对“电磁场与电磁波”实践环节的

暑期学校模式取得了初步成效。暑期学校的开设,使得广大学生有时间消化基础理论知识,并能有效提高其手脑并用、知行合一的综合创新能力。同时,这种模式最大限度地节省了教学资源,能够充分利用现有条件,解决“电磁场与电磁波”课程动手实践环节的实施难问题。这种瞄准教学中实际问题、注重启发引导、突出技能培养的融合式实践教学手段,较好地实现了提升教学质量和解决学以致用问题,并可为实践教学在电子信息类课程中的科学应用提供有益借鉴。

## 参考文献:

- [1] 徐佳. 学期制度改革对高校人才培养模式的影响——暑期学校项目的探索与发展[J]. 北京: 中国人民大学教育学报, 2012(01): 92-103.
- [2] 蔡建国, 叶继红, 吴刚. 全国土木工程研究生暑期学校的实践与思考[J]. 重庆: 高等建筑教育, 2016, 25(05): 29-34.
- [3] 梅中磊, 曹斌照, 李月娥, 马阿宁. 电磁场与电磁波[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018.
- [4] 金建铭, 王建国. 电磁场有限元方法[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998.
- [5] 王长清, 祝西里. 电磁场计算中的时域有限差分法[M]. 北京: 北京大学出版社, 2014.
- [6] 哈林顿, 王尔杰. 计算电磁场的矩量法[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981.
- [7] 许少凡, 刘洪志, 赵梦, 梅中磊. 辅助电磁场理论的无线电测向活动开展[C]. 高等学校电路和信号系统. 电磁场教学与教材研究会第十一届年会, 常州, 8月18日-20日, 2018.
- [8] 颜意娜. 无线电测向运动员的选材模型与方法研究[J]. 北京: 运动, 2012(4): 35-36.