# 第四章 3 无线电波的发射和接收

## 问题？

在普通的 *LC* 振荡电路中，电场主要集中在电容器的极板之间，磁场主要集中在线圈内部。在电磁振荡的过程中，电场能和磁场能主要是在电路内互相转化，辐射出去的能量很少，怎样才能有效地发射电磁波呢？

## 无线电波的发射

研究表明，要有效地发射电磁波，振荡电路必须具有如下两个特点。

第一，要有足够高的振荡频率。振荡电路向外界辐射能量的本领，与振荡频率密切相关。频率越高，发射电磁波的本领就越大。

因此，要发射电磁波，就需要用振荡器产生很高频率的电磁振荡。

电磁波的频率与振荡电路中电磁振荡的频率相同。

第二，振荡电路的电场和磁场必须分散到尽可能大的空间，这样才能有效地把能量辐射出去。

图 4.3–1 由闭合电路变成开放电路

甲

乙

丙

因此，要改造“问题”图中的*LC*振荡电路，像图4.3–1甲、乙那样，将电容器两个极板拉开，增大电容器极板间的距离，减小极板间的正对面积，从而使电场和磁场扩展到电容器的外部。这样的振荡电路叫作开放电路。开放电路甚至可以演化成为一条导线（图4.3–1丙），这样就可以有效地把电磁波发射出去了。

实际应用中的开放电路，线圈的一端用导线与大地相连，这条导线叫作地线；线圈的另一端与高高地架在空中的天线相连。无线电波就能由这样的开放电路有效地发射出去。

这里描述的天线用于长波、中波、短波的无线电广播和通信。电视广播和微波通信的天线，在结构和原理上都与这种天线不同。

为了利用电磁波传递信号，例如传递声音、电视图像，就要让高频的电磁波随着被传递的信号而改变。这种用来携带信号的高频电磁波叫作载波。在电磁波发射技术中，使载波随各种信号而改变的技术叫作**调制**（modulation）。

一种调制的方法是使高频电磁波的振幅随信号的强弱而变，这种调制叫作**调幅**（AM，图4.3–2丙）；另一种调制的方法是使高频电磁波的频率随信号的强弱而变，这种调制叫作**调频**（FM，图 4.3–2丁）。

图 4.3–2 电磁波的调制

甲 载波

乙 信号

丙 调幅波

丁 调频波

## 无线电波的接收

电磁波在传播时如果遇到导体，会使导体中产生感应电流。因此，空中的导体可以用来接收电磁波，这就是接收天线。

世界上有许许多多的无线电台、电视台以及各种无线电通信设备，它们不断地向空中发射各种频率的电磁波，这些电磁波弥漫在我们周围。如果不加选择地把它们都接收下来，那必然是一片混乱的信号。所以，接收电磁波后首先要从诸多的信号中把需要的信号选择出来，这就要设法使我们所需的电磁波在接收天线中激起的感应电流最强。

在无线电技术中，利用电谐振可以达到这个目的。当接收电路的固有频率跟收到的电磁波的频率相同时，接收电路中产生的振荡电流最强，这种现象叫作电谐振，相当于机械振动中的共振。

使接收电路产生电谐振的过程叫作**调谐**（tuning），图4.3–3是收音机的一种调谐电路。

图 4.3–3 调谐电路

调节可调电容器的电容改变电路的固有频率，使它跟要接收的电磁波的频率相同，这个电磁波在调谐电路中激起较强的感应电流，于是就选出了这个电台。由调谐电路接收到的感应电流，是经过调制的高频电流，还不是我们需要的声音或图像信号，因此还要把声音或图像信号从高频电流中还原出来。这个过程是调制的逆过程，所以叫作**解调**（demodulation）。调幅波的解调也叫检波。

解调之后我们得到原来的信号，经过放大就可以在扬声器或显示器中重现了。

## 电视广播的发射和接收

电视广播信号也是一种无线电信号。在现代电视发射系统中，首先通过摄像机的感光器件将景物的光信号转变为电信号。这种电信号可以通过线路直接传输，但是由于传输失真、损耗等原因，很难远距离传播。因此，需要通过载波将信号调制成高频信号再进行传播。

目前，高频电视信号的传播方式主要有三种，即地面无线电传输、有线网络传输以及卫星传输。不同的传播方式使用不同频率范围的电磁波，采取不同的调制方式。

在电视接收端，接收到高频电磁波信号以后，经过解调处理，就可以将得到的电信号通过显示设备转变为图像信息。接收天线收到的电磁波除了载有图像信号外，还有伴音信号。伴音信号经解调后送到扬声器。

## 练习与应用

本节共设置 4 道习题。第 1 题要求设计结构图表示无线电波的发射和接收的过程，并简单区分调幅和调频。第 2 题要求描述调幅波图像的形状。第 3 题要求计算我国第一颗人造卫星发送电磁波的波长。第 4 题以动手制作简单收音机为背景，解决简单的故障。

1．有 4 个容易混淆的名词：调制、调幅、调频、解调。请设计一个结构图来表明它们的关系，并说明调幅与调频的区别。

**参考解答**：低频信号 → 调制（调幅、调频） → 发射 → 接收 → 解调 → 低频信号

调幅与调频的区别：调幅是使高频电磁波的振幅随信号的强弱而改变。调频是使高频电磁波的频率随信号的强弱而改变。

2．请向你的同学描述：调幅波（经调幅后的电磁波）图像的形状是怎样的？描述时，要求用到“载波”“音频信号”这两个名词。

**参考解答**：调幅波是载波波形的基础上叠加了信号，调幅波的形状是上下对称的，以低频的信号作为包络线，载波的高频电磁波被包含在低频信号的包络线中。

3．我国第一颗人造卫星用 20.009 MHz 和 19.995 MHz 的电磁波发送信号，求这两种电磁波的波长。

**参考解答**：14.993 m，15.004 m

4．某同学自己绕制天线线圈，制作一个最简单的收音机，用来收听中波的无线电广播。他发现有一个频率最高的中波电台收不到，但可以接收其他中波电台。为了收到这个电台，他应该增加还是减少线圈的匝数？说明理由。

**参考解答**：减少线圈匝数。

提示：频率最高的电台接收不到，是因为收音机调谐电路的固有频率达不到接收信号的频率，不能产生电谐振，这就需要增加电路的固有频率。由 *f* = 可知，要增加 *f* 应减小 *L*，由电感 *L* 的影响因素可知，应减少线圈匝数。

# 第 3 节 无线电波的发射和接收 教学建议

## 1．教学目标

（1）了解有效地发射电磁波的两个条件。了解调制、调幅、调频、调谐、解调、电谐振的概念及其相互关系。能解释无线电波发射、接收的过程。

（2）了解电视广播的发射与接收的原理与过程。

（3）领会高频电磁波在无线电发射与接收中的重要作用。

## 2．教材分析与教学建议

本节在电磁波的基础上具体讲解了无线电波的发射和接收过程，希望学生通过对无线电波发射和接收原理的了解，体会科学知识是如何在技术中实现，进而应用于社会生活中的。其中出现了一些专业技术名词，例如“调制”“调幅”“调频”“调谐”“解调”等，这对初学者容易造成混乱，需要在理解的基础上区分和识别。然后以电视作为实例，简要介绍了电视广播信号发射和接收的过程。由于在生活中电视信号的传播越未越依靠卫星传输和有线网络传输，因此没有再详细介绍地面无线电视信号传播的具体过程，而只是从整体进行了简单介绍。本节主要是联系实际的知识，教学中只要求简单介绍原理，使学生有大致的了解即可，不宜分析太细。对无线电技术感兴趣的学生，可以引导他们阅读有关书籍、查阅相关资料、组织课外讲座或小组实验，从而发展他们的兴趣与特长。

### （1）问题引入

引导学生回顾前两节的内容，知道在 *LC* 振荡电路中，电场主要集中在电容器的极板之间，磁场主要集中在线圈内部，在电磁振荡过程中，电场能和磁场能主要在不同元件之间互相转化，以电磁波的形式辐射到周围空间的能量很少。由此提出怎样才能有效地把电磁波发射出去的问题。

### （2）无线电波的发射

无线电波的发射是要运用无线电波传递人们需要的信息。要引导学生思考在发射时需要解决的以下两个问题：①如何向外有效地发射无线电波（传得足够远）？②如何有效地传递人们所需要的信息？

关于问题①的教学，首先明确指出，要将电磁波有效地发射出去，一是电磁波要有足够高的频率，而电磁波的频率与振荡电路的频率相同，所以就需要用振荡器产生高频电磁振荡；二是能够将产生的电磁波传送到足够大的空间，这就需要对之前的 LC 振荡电路进行改造。教师引导学生观察教材图 4.3–1，让学生经历由闭合电路变成开放电路的改造过程，强化对开放电路的理解，三是再介绍日常生活中的天线。

关于问题②，需要通过“调制”来解决。对于五个专业技术名词“载波”“信号”“调制”“调幅”“调频”，教师需要进行比较细致的讲解。根据教材中的叙述，要引导学生注意这几个术语的区别。教师可以使用示波器演示调幅波，使学生亲身感受调幅波的形态。同时，引导学生仔细观察教材图 4.3–2 电磁波调制的示意图。让学生通过实验和观察理解、区别“调幅”和“调频”的概念，知道它们各有优势和局限，加深对“调制”概念的理解。对这部分知识内容，建议参照教材进行处理，不要再过多地增加新内容。

关于什么是调制、为什么需要调制以及如何进行调制，比较复杂不易讲清楚，可参考以下教学片段进行。

**教学片段**

**调制**

首先，使高频电磁波随低频信号改变的技术就是调制。其次，因为要传送的信号频率低，不易直接发射出去，所以需要进行调制。最后，因为高频电磁波容易发射，可以借助高频电磁波把信号发射出去。

另外，也可以依托教材图 4.3–2 电磁波的调制示意图，用一些形象的比喻来解释调制，例如把声音信号比作书信，高频电磁波比做邮车，调制就相当于书信上了邮车。

### （3）无线电波的接收

在无线电波接收的教学中可以先提出问题：空间中存在各种各样的电磁波，怎样接收到我们需要的电磁波呢？接收电路解决了获得无线电波的信号和从中选取需要的无线电波信号两个问题，解调则解决了从被调制的高频电流中取出调制信号的问题。

教师在这部分知识的教学中，应注意讲清两个基本概念和接收无线电波后处理的大致过程。两个基本概念是调谐和解调。在介绍调谐时，可以引导学生复习共振现象及其条件，在此基础之上讲解电谐振现象以及调谐的概念。课上可以结合收音机选台演示，让学生知道选台时要改变可调电容。对于怎样进行解调，教材中没有涉及相应的电路，因此茌这部分内容中不用过多地展开。无线电波接收的大致过程是调谐、解调、放大、播放。教学中应该突出重点部分，把重点放在调谐的过程上。

### （4）电视广播的发射和接收

本节最后以电视作为实例，联系实际生活，简要介绍了电视信号发射和接收的过程。这部分内容一是能激发学生的学习兴趣，让学生知道我们时常看的电视的信号是怎样发射和接收的；二是体现了科学、技术与社会之间的联系；三是结合实际生活情境，进一步强化学生对载波、信号、调制、解调等概念的理解，同时让学生体验运用所学知识思考、分析实际问题的过程，形成把实际情境与知识相关联的意识与能力。

## 3．“练习与应用”参考答案与提示

本节共设置 4 道习题。第 1 题要求设计结构图表示无线电波的发射和接收的过程，并简单区分调幅和调频。第 2 题要求描述调幅波图像的形状。第 3 题要求计算我国第一颗人造卫星发送电磁波的波长。第 4 题以动手制作简单收音机为背景，解决简单的故障。

1．结构图如下。

低频信号

调制

发射

接收

解调

低频信号

·调幅

·调频

调幅与调频的区别：调幅是使高频电磁波的振幅随信号的强弱而改变。调频是使高频电磁波的频率随信号的强弱而改变。

2．调幅波是载波波形的基础上叠加了信号，调幅波的形状是上下对称的，以低频的信号作为包络线，载波的高频电磁波被包含在低频信号的包络线中。

3．14.993 m，15. 004 m

4．减少线圈匝数

提示：频率最高的电台接收不到，是因为收音机调谐电路的固有频率达不到接收信号的频率，不能产生电谐振，这就需要增加电路的固有频率。由 *f* = 可知，要增加 *f* 应减小 *L*，由电感 *L* 的影响因素可知，应减少线圈匝数。