

QUANGLI ZHUANYE 全国中等职业技术学校电子类专业



QUANGUOZHONGJIEDENGZHIYEJISHUXUEXIAODIANZILIZHUANYE

无线电基础课 教学参考书

与《无线电基础(第四版)》配套



 中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电子类专业

无线电基础课 教学参考书

与《无线电基础（第四版）》配套

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

无线电基础课教学参考书：与《无线电基础（第四版）》配套/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2009

全国中等职业技术学校电子类专业

ISBN 978-7-5045-8091-7

I. 无… II. 人… III. 无线电技术—专业学校—教学参考资料 IV. TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 203012 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京谊兴印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 3.75 印张 91 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

定价：9.00 元（本书附光盘）

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

目 录

模块一 无线通信系统组成与信号传输	(1)
课题一 无线通信系统组成及无线电波	(1)
课题二 认识天线和传输线	(11)
模块二 调谐放大器及滤波器	(19)
课题一 正弦波振荡器	(20)
课题二 小信号调谐放大器	(27)
课题三 滤波器	(32)
课题四 高频功率放大器	(37)
模块三 调制解调电路应用	(49)
课题一 AM 调制电路的应用	(50)
课题二 AM 解调电路的应用	(56)
课题三 FM 调制电路的应用	(66)
课题四 FM 解调电路的应用	(74)
模块四 FM/AM 收音机的安装与调试	(84)
附录 习题册参考答案	(90)

模块一 无线通信系统组成与信号传输

本模块讲述的是无线电基础的基本知识，学好本模块知识，将为后面学习收音机的安装与调试打下良好的基础。

本模块的教学内容包括无线通信系统的组成、无线电波及其传播方式、无线电波的波段划分、利用场强仪测试无线电信号、天线的种类与特性、天线的工作原理、传输线的种类和特性、天线的选择、天线和传输线的匹配和天线的安装要求等。另外，为了增加学生对无线电波及天线的感性认识，同时提高学生对本课程的兴趣和培养学生的动手能力，增加了实践操作内容——无线电波的测试。

本模块的教学重点是无线通信系统的组成、无线电波及其传播方式、利用场强仪测试无线电波、天线的种类与特性、天线的工作原理、传输线的特性、天线和传输线的匹配，难点是无线电波的测试。

学时分配表

内 容	理论学时	实操学时	总学时
课题一 无线通信系统组成及无线电波	2	1	3
课题二 认识天线和传输线	3	—	3

课题一 无线通信系统组成及无线电波

一、教学目标

1. 熟悉无线通信系统的组成。

2. 掌握无线电波的传播特性及其传播方式。
3. 了解无线电波的波段划分。
4. 掌握无线电波的测试指标，并学会用测试仪器测试无线电波。

二、教学重点、难点

1. 教学重点

- (1) 无线通信系统的组成。
- (2) 无线电波的传播特性及其传播方式。
- (3) 用测试仪器测试无线电波。

2. 教学难点

无线电波的测试。

三、教材分析

本课题知识技能结构框图如图 1—1 所示。

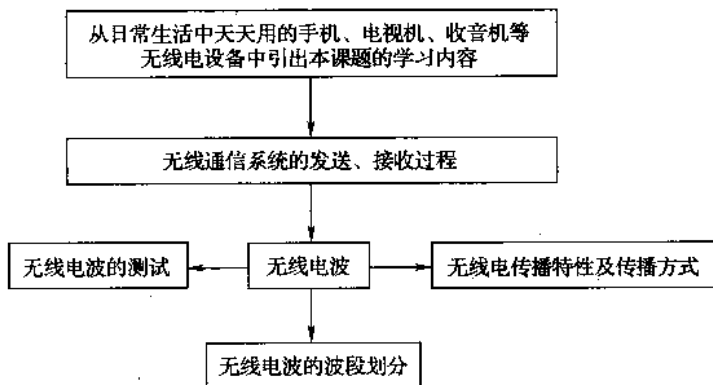


图 1—1 知识技能结构框图

本课题是无线电基础的入门课，是基础知识。日常生活中无线通信系统的应用实例非常广泛，可以从学生较为熟悉的例子融会于教材内容中进行讲述，以达到生动具体的教学效果。例如，

在引入无线电波的概念时，可以从当打开荧光灯时，会从附近的收音机中听到杂音，这杂音就是电路通断时，发出的无线电波被收音机接收而产生的，以此来说明无线电波的存在；同时说明无线电波虽然看不见、摸不着，但通过场强仪可以测出无线电波的强弱，从而掌握无线电波的测试。又例如以手机为例，很容易说明无线通信系统的组成及无线电的传播方式，使学生一开始就明确无线电波在传播过程中不需要用导线连接，是以电磁波的形式向外传播的。

四、课堂设计

1. 导入新课

以日常生活中天天使用的手机为例，通过两位学生互打电话，其他学生相互讨论手机拨打和接听电话的过程，引入无线通信系统的发送和接收过程，以激发学生学习无线电基础的热情，调动学生学习的积极性。

教师归纳总结，除了手机以外，与人们日常生活紧密相关的无线电广播和电视等也是无线通信系统。自从有了无线广播和电视，我国古代传说中的“千里眼”“顺风耳”就变成了现实。那么，怎样利用电磁波来传递声音和图像信号呢？

2. 新课讲解

(1) 无线电发送

通过浅显通俗地讲解利用鸽子传递信件（信息）的事例，说明人们利用鸽子传递信件，鸽子是信息的“载体”。无线电波传得又快又远，无线通信系统就是利用它作为“载体”来传递信息，进行无线电通信的，因此首先应解决发送无线电波的问题。

用分层次“类比”的方法进行讲解，边讲课边演示《无线电基础》（简称“教材”）中图1—2无线通信系统的发送、接收框图课件虚线以上部分无线通信系统发送的框图，并说明每个框

图的作用（教学重点）。

1) 传声器（话筒）。将声音转换成音频电信号（类似于要发出的信件）。

2) 音频放大器。将音频电信号加以放大。通常音频放大器是由几级小信号低频电压放大器或集成运算放大器组成。

3) 载波振荡器。用来产生频率稳定的高频振荡信号即载波（类似于可远飞的信鸽），其性能的好坏直接影响到发送机的正常工作。振荡器常用的有 LC 振荡器、石英晶体振荡器等。

4) 调制器。用音频信号去控制高频振荡信号的某个参量的过程，称为调制。通俗地讲，将音频信号“装载”到高频振荡信号（即载波）上去（类似于把信件绑在信鸽的身上），经过调制后的高频振荡信号称为已调信号或已调波。

5) 变（倍）频器。在各种振荡电路中，尤其采用石英晶体振荡器中，受晶体基频的限制和分布参数的影响，难以产生太高的振荡频率，所以电路上往往采用倍频器倍频，使高频振荡频率倍增到所需的载波频率上，以满足较高载频的要求（类似于信鸽要飞得快）。

6) 激励放大器。将高频已调信号放大至一定的电平。

7) 输出功率放大器。将高频已调信号放大到足够大的功率，由天线以无线电波（电磁波）形式辐射出去，以满足发射功率的要求。同时，功率放大器往往具有滤波作用，能滤除不需要的杂波和谐波分量，保持已调制电波有用信号的纯净，降低杂波干扰。

8) 发射天线。将已调制高频载波经天线辐射上去，在空间形成无线电波（电磁波），并传向远方（类似于信鸽的放飞）。天线的好坏直接影响到发射的距离和性能。

（2）无线电接收

发送出去的无线电波必须要像回收信鸽一样地进行接收，才能完成信息传递的全过程，边讲课边演示“教材”中图 1—2 虚

线以下部分无线通信系统接收的框图，并说明每个框图的作用（教学重点）。

1) 接收天线。将空中的无线电波转换为不同频率的感应电动势（类似于信鸽的回收）。

2) 高频放大器。用来将天线所接收到的有用高频信号进行频段选择和放大，并对其他频率的无用信号进行抑制（类似于选择所要的信鸽）。

3) 混频器。它是超外差式接收机的核心，其作用是将高频放大器输出的高频已调信号和本机振荡器所提供的高频等幅信号在混频器中实现变频。这里本机振荡器提供的振荡频率比接收的高频已调信号的载波高一个中频频率，在混频器输出端就可获得载频频率为两者频率之差的较低的中频信号，这就是“超外差”式接收机名称的由来。

目前，大多数的无线电接收设备，如电视接收机、雷达接收机、手机等都采用“超外差”方式，超外差机具有接收灵敏度高、选择性好、结构简单的特点。

4) 中频放大与滤波器。用来放大中频已调信号，且滤除其他干扰信号，因为中频频率较低且频率固定。因此，中频放大器的选择性和增益都可做得较高，使整机的接收性能提高。

5) 解调器。从中频已调信号中“取出”音频信号（类似于从信鸽身上把信件取下来）。

6) 音频放大器。先经前置放大级，该级是低频电压放大，它将音频信号放大至适当电平，再经功率放大器放大到足够的功率，去推动扬声器发出声音。

7) 扬声器。将音频电信号转换为声音。

从上面的分析中，可以知道日常生活中电信息的传送和接收总离不开无线电波，那么无线电波到底是怎样的呢？

无线电波是一个比较抽象且难于理解的概念，教师可通过教材中水波传播的实例加以演示来说明。

简单介绍水波的概念及其特点，从而引出波峰、波长、频率、波速等概念，从水波的传播过程，引出当一根导线中通入高频电流后，在其周围的空间，也会产生一种波——电磁波，并复习初中物理知识，电场和磁场的概念。重点放在无线电波的传播特性上，强调人讲话的声音频率即音频只有 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ ，且在空气中的传播速度约为 340 m/s ，因而声音是传不远的，而真空中无线电波的传播速度与光速近似相等，约为 $3 \times 10^8\text{ m/s}$ ，所以声音要传送到远方必须借助于无线电波。那么，无线电波是如何由甲地传播到遥远的乙地呢？教师可通过多媒体课件演示说明无线电波的传播方式及其特点，强调各种传播方式的实际应用，地面波传播适合于中波无线电广播和长波通信等；天波传播适合于短波传播；空间波传播适合微波传播，如电视、雷达等，而卫星通信和卫星直播电视采用的是地球外层传播，从而了解无线电波波段的划分以及各波段的传播方式和主要用途。

3. 实践操作

在空中无线电波是看不见、摸不着的，那么能否用仪器来测量它呢？展示场强仪，边演示边讲解场强仪的组成、分类、操作面板上各个开关的功能，重点是操作面板上各个开关的功能。有条件的学校，学生可跟随老师一起操作，这样效果会更好；不具备条件的学校，可采用教师示范完后，学生分组讨论、练习的方式，熟悉场强仪操作面板上各个开关的功能。

利用场强仪测试无线电波是教学难点，这一部分内容处理好了将有助于激发学生学习无线电基础的兴趣，努力提高动手能力，这也是学生第一次接触无线电实践，有较强的激励效果。教师可采用边示范边写操作步骤的方法，使学生观看教师操作并记忆操作步骤。教师操作完后，让两位学生上台演示上述操作过程。下面学生观看、补充发言，指出对、错处，加深教学印象，然后分组测试收音机的频率调制（FM）信号强度。

五、资料补充

1. 无线电技术的发展与应用

(1) 无线电波的发现

一百多年前，“嘀、嘀、嘀”3声微弱而短促的信号，通过电波传送到2 500 km的大西洋对岸，从此向世界宣布了无线电波的诞生。那是1901年12月12日，扎营守候在位于加拿大东南角的纽芬兰（Newfoundland）信号山（Signal Hill）的马可尼，用气球和风筝架设接收天线，终于接收到从英国西南角的宝窠（Poldhu）用大功率发射电台发送“S”字符的国际莫尔斯电码，这是有史以来第一次人类跨过大西洋的无线电通信。这个试验向世人说明了无线电波再也不是仅限于实验室的新奇东西，而是一种实用的通信媒介。这一消息轰动了全球，激发了广大无线电爱好者的浓厚兴趣，推动了业余无线电运动的蓬勃发展。

虽然马可尼的试验结果令人相当振奋，可是当时一般人认为无线电波的传播方式类似光波，发射之后，绝对是呈直线前进，从英国到加拿大，再怎么说是无法完成直线的无线电通信（因为地球表面是球弧形的）。当时的科学理论也证明，从英国发射后的无线电波一定直驱太空，怎么可能到达加拿大？可是从马可尼用简陋的无线电设备征服长距离通信的试验记录看来，白天信号可以远达700英里，晚间更远达2 000英里以上，这些试验数据开始动摇了以往的理论所推导出来的必然结果。

与此同时 Kennelly 和 Heaviside 不约而同地分别提出了同样的看法：在地球大气层中有电子层的存在，它可以像镜子一样把无线电波折射回地球，而不至于直奔太空。由于这种折射回返的信号，使得远方的电台才得以互相通信，这种对无线电波有如镜子般作用的电子层称做 Kennelly Heaviside 层，但现今一般称之为

为电离层 (Ionosphere)，而短波之所以如此发达就是受电离层所赐。

1925 年开始，许多科学家便开始进行电离层的探索工作，向电离层发射无线电波，然后从电离层折射和反射回来的无线电波中，可以了解到电离层的自然现象。所得到的结果是：地球上空的电离层就像是一把大伞涵盖了地球，而且随着白天、夜晚或季节的变化而变动，同时发现某些频率可以穿过电离层，而有些频率则以不同角度折射、反射返回地面。虽然对电离层已经掀开了面纱而且有了某种程度的了解，使得短波的国际通信有了很大的发展，但是这八十多年来，科学家均不放过任何继续研究电离层的机会，甚至火箭发射、人造卫星试验及太空穿梭飞行均设计有某些试验，以期能更进一步了解电离层。

(2) 无线电技术的发展

无线电技术的发展史，在很大程度上就是人们对各波段进行研究、运用的历史。首先被运用的是长波段，因为长波在地面激起的感生电流小，电波能量损失小，而且能够绕过障碍物。但长波的天线设备庞大、昂贵，通信容量小，这促使人们寻求新的通信波段。20 世纪 20 年代，业余无线电爱好者发现短波能传播很远的距离。1931 年出现了电离层理论，电离层正像赫兹所说的镜子，它最适于反射短波。短波电台既经济又轻便，它在通信和广播中得到了普遍应用。但是，电离层会受气象、太阳活动及人类活动的影响，导致通信的质量和可靠性下降，此外短波段容量也满足不了日益增长的需要。短波段为 3~30 MHz，按每个短波台占 4 kHz 频带计算，仅能容纳几千个电台，每个国家只能分得很有限的电台数，电视台 (8 MHz) 就更挤不下了。从 40 年代开始，发展了微波技术。微波已接近光波，它沿直线传播，而且能穿过电离层不被反射，所以微波需经中继站或通信卫星将它反射后传播到预定的远方。

(3) 无线电技术应用

1) 无线电技术在军事上的应用。飞速发展的军事通信技术在 19 世纪 30 年代以后,随着科学技术的发展,军事通信技术和手段产生了一系列根本性的革命。1837 年美国莫尔斯发明了最早的电磁式电报机和点划组合的莫尔斯电码,引发了军事通信发展史上的第一次技术革命。1895 年意大利人马可尼和俄国人波波夫成功地进行了无线电通信试验,引发了军事通信发展史上的第二次技术革命。两次世界大战之间,无线电通信技术实现了 3 大突破:1923 年实现了短波通信;1931 年实现了微波通信;1936 年建立了超短波接力通信。1957 年前苏联率先发射第一颗人造地球卫星之后,军事通信便进入了卫星太空通信时代,尤其伴随集成电路技术的一系列革命,以及后来计算机、通信卫星和网络技术的崛起和空前发展,使得人类信息技术实现了飞跃,成为单兵武器作战平台的战斗力倍增器。

定位现代战场的全球定位系统(GPS),美国曾在“星球大战计划”中开始建立 GPS 系统。如今,地球上任何一点、任何时刻都可以接收到来自太空轨道的卫星信号,且三维定位精度、速度精度、时间精度等空前提高,直到今日,新的定位系统在美国采取的多项军事行动中均发挥了重要作用。通过 GPS 系统,各指挥机构能时刻掌握前方部队执行任务的位置,单兵可以凭借自身的信息平台在面临危险时,迅速向后援部队报告自己的准确方位,及时请求紧急空中支援;空中待命的支援战机,可以快速准确地提供高精度救援。1995 年,俄罗斯完成了自己的太空定位工程计划,从而使单兵作战能力有了显著提高。欧洲联盟也投巨资研制成功了“伽利略”卫星导航系统,并投入使用。

单兵武器作战平台的信息系统大都采用小型计算机和无线电系统构成,它使用微型的全球定位系统卫星接收机,通过计算机提供士兵所在的具体位置,同时可提供其他士兵所在位置,使士兵之间可以互相配合作战,使战场态势尽收眼底,“一目了然”。

目前，由于综合导向技术取得突破，从而克服了全球定位系统易受障碍物阻挡和无线电干扰造成的信号丢失问题。

2) 无线电技术在通信上的应用。1983年，美国的哥伦比亚号航天飞机执行 STS-09 任务，SAREX 小组 (Shuttle/Space Amateur Radio Experiment Team) 促成了 W5LFL/欧文·加利特 (Owen Garriott) 成为第一个进入太空的业余无线电宇航员。欧文当时使用的是一台 Motorola 的 2 米 FM 对讲机和一副安装在窗户上的天线。“这里是 W5LFL 在哥伦比亚号航天飞机上呼叫……”，欧文在 STS-09 航天飞机任务中的业余时间，与地球上的业余无线电台进行了上百个 QSO (直接通信)，开创了业余无线电联络在人类宇航中的历史。从那以后，各国的业余无线电小组，其中以美国的 SAREX、德国的 SAFEX、俄罗斯的 MIREX 为核心的队伍，不断地发展在美国的航天飞机、俄罗斯的和平号太空站上的业余无线电通信设备。

(4) 无线电技术的未来

软件无线电 (Software Radio) 是无线电通信方面的一种新的变革。它的核心技术是用宽频带无线接收机来代替原来的窄带接收机，将宽带的模拟/数字 (A/D) 和数字/模拟 (D/A) 变换器尽可能地靠近天线，而将电台的功能尽可能多地采用软件来实现。

最初提出“软件无线电”概念的是 Jeo Mitola，1992年5月在美国通信系统会议上首次提出了这种概念。很快就世界各国引起了注意，特别是军方的注意。这是因为现代军事通信对无线电通信系统的可靠性、兼容性、互通性、灵活性以及抗干扰、抗毁性、保密、安全等都有更高的要求。美国军方与 Hazeltine 公司研制了一种名为“Speakeasy” (易通话) 的软件无线电台，实现了美军通用的多频段、多功能的无线电平台，能兼容军队现有的各种电台，能同时处理 4 种以上不同的调制波形。这种电台可以称得上是一种带有天线的、能进行声音和数据传输的“掌上

电脑”，通信的业务包括声音、数据和视频图像等，因此被认为是未来发展的趋势。

软件无线电的出现是无线电通信从模拟到数字、从固定到移动后，由硬件到软件的第三次变革，被认为是继模拟通信技术、数字通信技术之后的第三代无线通信技术。

从已经研制出来的软件无线电台来看，其结构和功能具有良好的可扩展性，是未来无线电通信的发展方向。

2. 莫尔斯电码

莫尔斯电码又称为莫斯电码，是一种时通时断的信号代码，这种信号代码通过不同的排列顺序来表达不同的英文字母、数字和标点符号等，它由美国人艾尔菲德·维尔于1835年发明。

课题二 认识天线和传输线

一、教学目标

1. 掌握天线的种类、特性及工作原理。
2. 熟悉传输线的特性及天线和传输线的匹配。
3. 会选择天线的长短、基本类型及天线安装地点。

二、教学重点

1. 天线的种类、特性及工作原理。
2. 传输线的特性及天线和传输线的匹配。
3. 天线的安装要求。

三、教材分析

本课题知识技能结构框图如图1—2所示。

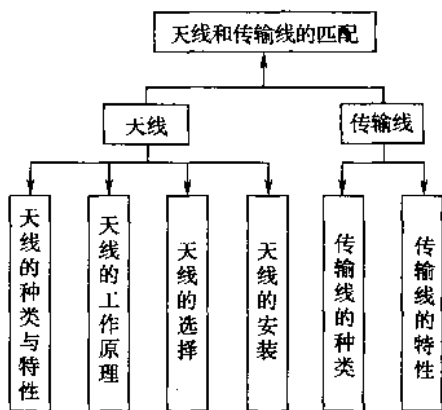


图 1—2 知识技能结构框图

本课题具有较强的实用性，且天线和传输线是无线通信系统的主要组成部分，它们的质量优劣直接影响着发射机和接收机性能的好坏。“教材”从无线电信号是通过什么来接收的引入问题，以手机和收音机的天线入手，让学生认识天线，介绍天线的种类与特性，以及天线的工作原理；从天线与接收机（或发射机）之间的连接线出发，让学生认识传输线，介绍传输线的种类和特性；从无线电波波长的计算公式出发，说明天线长度的选择；从接收信号的效果出发，介绍天线和传输线的匹配，以此激励学生学习的兴趣，提高学生生活学活用的能力，进一步强化学生对无线通信系统的发送和接收过程及天线和传输线的理解。

四、课堂设计

1. 导入新课

信息传播是人们生活中的重要内容之一。随着科学技术的不断发展，无线电技术已渗透并应用于无线电广播、电视、导航、遥控遥测和雷达等各个领域。尤其是无线电广播、电视和计算机、手机的普及，丰富了人们的精神生活，成了不可缺少的现代

化宣传工具。那么，空中的无线电信号是如何接收和发送的呢？

2. 讲授新课

从前面学过的无线通信系统的发送、接收过程知道，天线是一种能量转换装置，是无线电设备中必不可少的组成部分。发射天线能将电信号转换为无线电波，接收天线把无线电波转化为电信号，一般发射、接收天线可互换使用。边复习前面内容边展示收音机、手机、电视机等天线实物，从而引出天线的种类、天线的大小和形状。另外，教师也可利用多媒体课件演示各种各样的天线来进一步说明天线的种类、大小和形状，加深学生对天线的直观感。通过演示收音机在不同方向接收信号的效果不同，来说明天线的特性。通过天线的演变过程引出天线相当于一导线，再复习初中物理中的知识，当一根导线中通入电流后，在其周围会产生电磁波（无线电波），由此引出天线的工作原理（教学重点）。

日常生活中，电视机要增加收看效果就必须与天线相连，那么电视机与天线之间是通过什么相连的呢？由该问题引出传输线的作用、分类和特性，并展示各种各样的传输线，指出各种传输线应用的场合。

让学生比较在电视机和天线间用不同的传输线连接时的接收效果，由此引出天线和传输线的匹配（教学重点），使学生知道如果天线的阻抗为 $50\ \Omega$ ，那么它与 $50\ \Omega$ 的传输线是匹配的，接收效果较好；而当天线的阻抗为 $80\ \Omega$ 时，与 $50\ \Omega$ 的传输线是不匹配的，接收效果较差。

用多媒体课件演示天线的实际安装情况，指出天线的安装要求，使学生有直观的认识。

五、资料补充

1. 无损耗传输线

如果传输线单位长度的电阻 R_0 和导线间单位长度的漏电导