

高等职业教育电子信息类贯通制教材

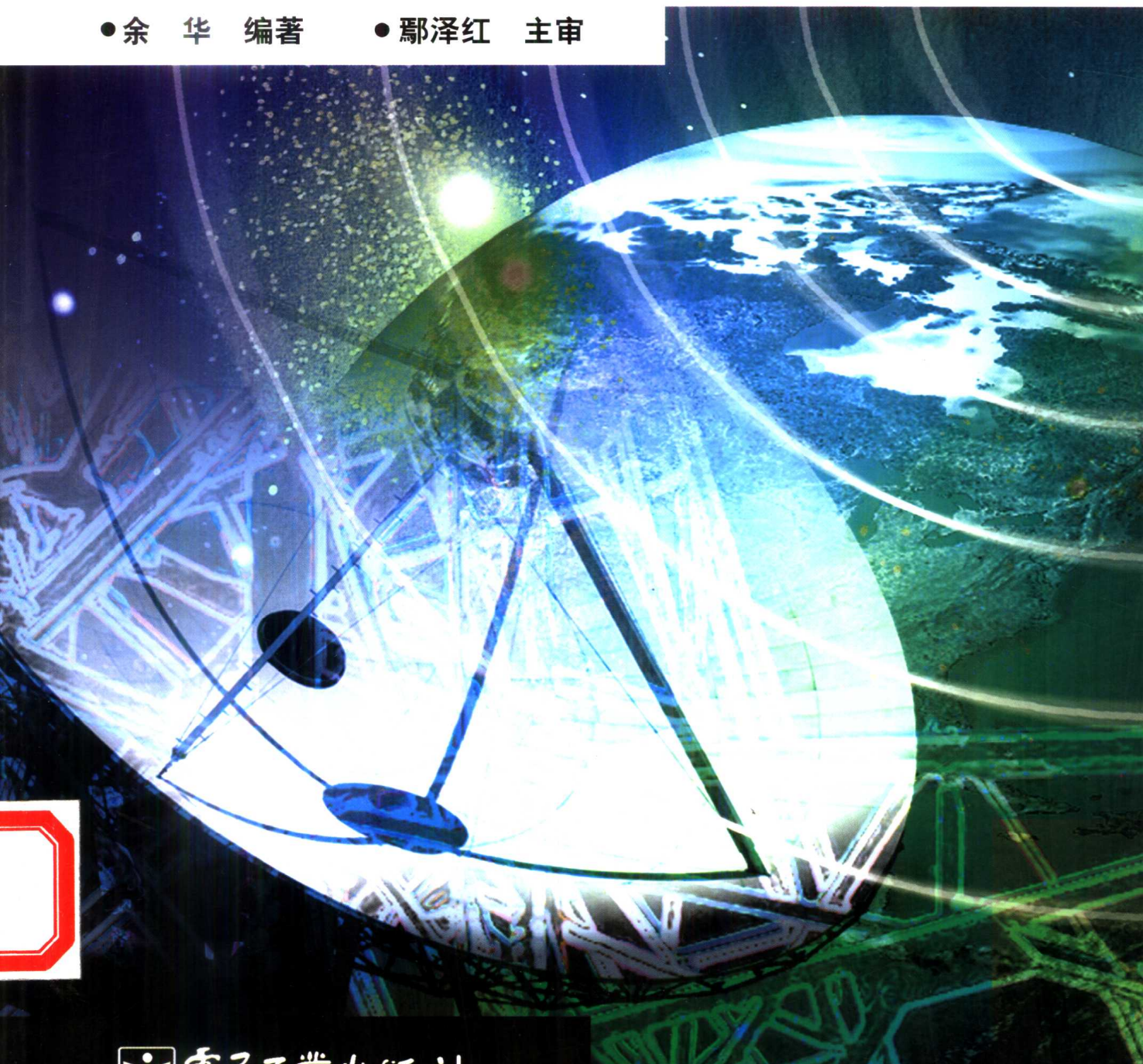
· 电子技术专业



电波与天线

• 余华 编著

• 鄢泽红 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子信息类贯通制教材(电子技术专业)

电波与天线

余 华 编著

鄢泽红 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书着重介绍电波的传播规律及天线的工作原理,基本覆盖了电、磁及电波传播方面的全部知识,内容简洁,重点突出,同时配以大量插图帮助讲解,旨在帮助具有中等以上文化水准的初学者掌握这部分知识。

本书共分四章。主要章节为:第1章,概述;第2章,电磁场;第3章,电波的形成与传播;第4章,天线。

本书强调实用性,可作为大、中专学生的教科书或参考书,也适用于函授或自学,对于从事电、磁方面研究的科技人员及大、中专学校的教师有一定的参考价值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电波与天线/余华编著. —北京:电子工业出版社, 2003. 1
高等职业教育电子信息类贯通制教材·电子技术专业
ISBN 7-5053-8186-5

I. 电… II. 余… III. ①电波传播—高等学校:技术学校—教材 ②天线—高等学校:技术学校—教材
IV. ①TN011 ②TN82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 003559 号

责任编辑:周光明

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:8.25 字数:208千字

版 次:2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:12.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

随着电工与电子技术的飞速发展,尤其是电子计算机运行速度和通信传输速率的不断提高,电力电子设备数量不断增多及技术性能的不提高,要求电子工程师必须具备宽广的电磁理论知识。电磁场的内容是电磁理论的基础,因此非常重要。《电波与天线》是通信及电子类专业学生的一门很重要的技术基础课。由于其内容具有一定的抽象性,学习者难以完全理解,加之其许多概念和技术的理解、应用是建立在对一些公式的理解和掌握之上的,因此进一步增加了学习难度。但是,如果不充分掌握这些内容的话,就会阻碍其他相关课程(如通信、微波技术、电视技术)的学习,所以这门课程是不容忽视的。

本书从实用的角度出发,注意内容的取舍,突出知识和技术的实用部分,体现了培养实用性人材的鲜明特点。在编写过程中,考虑到学生的基本情况和可接受性,对于那些抽象的理论尽可能增加具体的例子,并针对市场经济和现代化生产实际,进一步展开和丰富电、磁、电波与天线的知识。

本书是作者长期从事教学和实践的总结,也是一次教学改革试验。在编写过程中得到了校领导和同事们热情支持与协助,西安电子科技大学天线研究所的鄢泽红教授、李延平副教授审阅了全稿,天线所的付光、郑会利教授等也对本书的内容提出了实践性的见解,使得本书进一步完善,在此表示诚挚的谢意!同时还要感谢其他为本书的出版给予热情支持和协助的同志!作者欢迎广大教师和读者提出自己的见解,指出本书的缺点和错误,以期进一步改进。

编 者

2002.8 于南京

目 录

| | |
|-----------------------|------|
| 第 1 章 概述 | (1) |
| 1.1 电磁技术的发展简史 | (1) |
| 1.2 电磁波的特点 | (3) |
| 1.3 电磁波资源的合理应用 | (5) |
| 1.4 电波与通信 | (6) |
| 1.4.1 电波与通信 | (6) |
| 1.4.2 光与电波 | (8) |
| 1.4.3 现代通信系统的构成 | (9) |
| 习题 1 | (9) |
| 第 2 章 电磁场 | (11) |
| 2.1 电磁场是矢量场 | (11) |
| 2.1.1 矢量的表示方法 | (11) |
| 2.1.2 矢量的代数运算 | (12) |
| 2.2 电荷与电场 | (15) |
| 2.2.1 电荷 | (15) |
| 2.2.2 电荷间的作用力 | (16) |
| 2.2.3 电场 | (18) |
| 2.3 电场强度与电力线 | (18) |
| 2.3.1 电场强度 | (18) |
| 2.3.2 电力线 | (20) |
| 2.3.3 电通量密度 | (21) |
| 2.3.4 电位移线 | (22) |
| 2.3.5 电通量 | (22) |
| 2.4 导体与电介质 | (23) |
| 2.4.1 导体 | (23) |
| 2.4.2 静电感应和静电屏蔽 | (24) |
| 2.4.3 介质 | (25) |
| 2.5 电流与磁场 | (27) |
| 2.5.1 电流的磁效应 | (27) |
| 2.5.2 磁场 | (29) |
| 2.6 磁感应强度与磁力线 | (29) |
| 2.6.1 磁感应强度 | (29) |
| 2.6.2 磁场强度 | (30) |
| 2.6.3 磁感应线 | (30) |
| 2.6.4 磁通量 | (31) |

| | | |
|--------------|---------------------------|-------------|
| 2.7 | 磁介质与磁铁 | (31) |
| 2.7.1 | 磁介质的分类 | (31) |
| 2.7.2 | 用磁滞理解铁磁体的性质 | (33) |
| 2.8 | 电场与磁场之间的联系 | (34) |
| 2.8.1 | 变化的磁场激发变化的电场 | (34) |
| 2.8.2 | 变化的电场激发变化的磁场 | (36) |
| 2.8.3 | 麦克斯韦的电磁理论 | (37) |
| | 习题 2 | (38) |
| 第 3 章 | 电波的形成与传播 | (40) |
| 3.1 | 电波的形成 | (40) |
| 3.1.1 | 大自然产生的电波 | (40) |
| 3.1.2 | 电器设备以及摩托车和汽车发出的有害电波 | (41) |
| 3.1.3 | 无线电通信电波的产生 | (41) |
| 3.1.4 | 天线辐射的电波 | (42) |
| 3.2 | 电波的性质 | (44) |
| 3.2.1 | 电波是一种行波 | (44) |
| 3.2.2 | 电磁存在的空间是充满电磁能的空间 | (47) |
| 3.2.3 | 电波的极化 | (47) |
| 3.3 | 电波的传输原理 | (49) |
| 3.3.1 | 传输线的参数 | (50) |
| 3.3.2 | 传输线的工作状态 | (53) |
| 3.3.3 | 传输线的匹配 | (55) |
| 3.4 | 电波的有线传输 | (58) |
| 3.4.1 | 传输线的选取 | (58) |
| 3.4.2 | 模式的概念 | (61) |
| 3.5 | 波导测试系统 | (62) |
| 3.5.1 | 衰减器 | (63) |
| 3.5.2 | 终端元件 | (63) |
| 3.5.3 | 定向耦合器 | (64) |
| 3.5.4 | 隔离器 | (65) |
| 3.5.5 | 测量线 | (65) |
| 3.6 | 电波的无线传输 | (66) |
| 3.6.1 | 地球及其周界的组成 | (66) |
| 3.6.2 | 电波的传输途径 | (68) |
| 3.6.3 | 各波段电波传播的特点 | (69) |
| | 习题 3 | (72) |
| 第 4 章 | 天线 | (74) |
| 4.1 | 无线通信与天线 | (74) |
| 4.1.1 | 无线通信系统 | (74) |
| 4.1.2 | 天线的功能 | (74) |

| | | |
|--------|-----------------------------|-------|
| 4.1.3 | 馈线 | (76) |
| 4.2 | 天线的方向性 | (76) |
| 4.2.1 | 方向图和波束宽度 | (76) |
| 4.2.2 | 天线增益 | (76) |
| 4.2.3 | 全向有效辐射功率 | (77) |
| 4.3 | 天线的效率 | (78) |
| 4.3.1 | 天线的效率 | (78) |
| 4.3.2 | 天线的辐射功率和辐射电阻 | (78) |
| 4.3.3 | 天线的输入阻抗 | (78) |
| 4.3.4 | 天线的极化特性 | (80) |
| 4.3.5 | 天线的工作频带 | (80) |
| 4.4 | 接收天线的若干参量 | (80) |
| 4.4.1 | 接收天线的等效电路、最大可检功率与有效面积 | (81) |
| 4.4.2 | 接收功率和线路损耗 | (82) |
| 4.5 | 半波振子天线 | (82) |
| 4.5.1 | 天线上的电流分布 | (82) |
| 4.5.2 | 半波阵子天线 | (83) |
| 4.5.3 | 半波折合振子 | (86) |
| 4.6 | 天线阵 | (86) |
| 4.6.1 | 二元天线阵 | (86) |
| 4.6.2 | 多元天线阵 | (89) |
| 4.7 | 理想导电平面对天线及电波传播的影响 | (89) |
| 4.7.1 | 镜像原理 | (89) |
| 4.7.2 | 单端振子 | (91) |
| 4.7.3 | 反射网的作用 | (92) |
| 4.8 | 馈电系统 | (92) |
| 4.8.1 | 半波振子天线的馈电系统 | (92) |
| 4.8.2 | 半波折合振子天线的馈电系统 | (94) |
| 4.9 | 常用天线 | (95) |
| 4.9.1 | 垂直接地振子 | (95) |
| 4.9.2 | 水平对称振子天线 | (96) |
| 4.9.3 | 中、短波磁棒天线 | (97) |
| 4.9.4 | 引向天线 | (97) |
| 4.10 | 天线增益和方向性图的测量 | (98) |
| 4.10.1 | 天线增益的测量 | (99) |
| 4.10.2 | 天线方向图的测量 | (99) |
| | 习题 4 | (100) |
| | 实验 1 波导测试系统 | (102) |
| | 实验 2 半波折合振子实验 | (107) |
| 附录 A | 物理常数和若干数据 | (110) |

第1章 概述

“电波与天线”是通信及电子类专业学生的一门重要的技术基础课，与“电路理论”一样，“电波与天线”是从事电气与电子技术领域工作的科技工作者的必备知识。随着电工与电子技术的飞速发展，尤其是电子计算机运行速度和通信传输速率的不断提高，电力电子设备数量不断增多及技术性能的不不断提高，电子工程师必须具备宽广的电磁理论知识才能适应这种快速的变化。

长期以来，在许多人艰苦努力的基础上，实现了今天宽范围的电磁波应用。本章通过简单介绍电波技术的发展历史，帮助大家认识其基本特征，了解今后高度信息化社会与电波通信的紧密关系。信息化社会与电波通信密切相关，如图 1.1 所示。

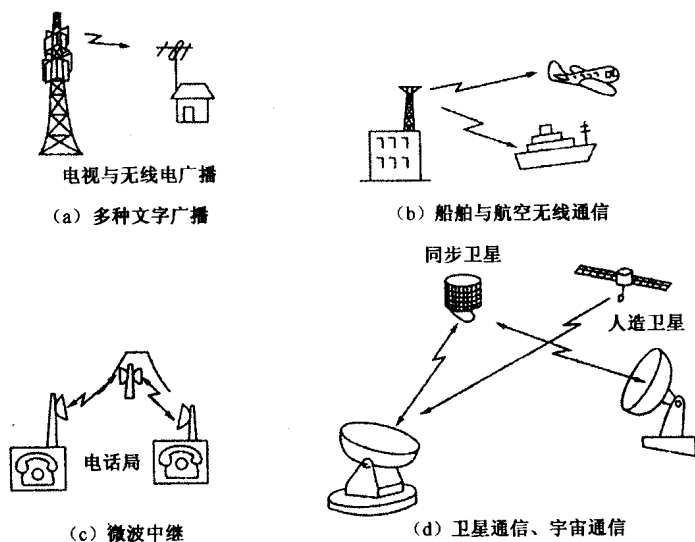


图 1.1 信息化社会与电波通信

1.1 电磁技术的发展简史

早在两千多年前，人类就有了有关磁石和摩擦起电的知识。我们祖先发明的指南针，为人类文明做出了不朽的贡献。但是，对电磁现象进行系统的上升为理论的研究并加以应用则是 18 世纪中叶以来，特别是 19 世纪中叶以后的事情。

在很长的时期内，人们把电和磁看成是相互独立的现象，并不知道他们之间有什么联系。直到 1820 年奥斯特 (Hans Christian Oersted, 1777~1851) 发现电流可使磁针偏转，即电流产生磁力，这是将电与磁联系起来的开端。1825 年，安培 (Andre Marie Ampere, 1775~1836) 提出了确定两电流之间相互作用及载流导体所受磁力的定律，即安培定律。毕奥 (Biot) 和萨伐尔 (Savart) 确定了磁场和电流之间的定量关系，即毕奥-萨伐尔定律。这一时期，人

们一直是在静止的或恒定的状态下研究电磁现象。电磁学研究的一个重大进展是 1831 年法拉第 (Michael Faraday, 1791~1867) 发现电磁感应现象, 这是人们第一次对随时间变化的电磁场进行研究。电磁感应定律一方面推动了电、磁在工程中的应用, 另一方面它是电磁理论的一块基石。1864 年, 麦克斯韦 (James Clerk Maxwell, 1831~1879) 在总结前人发现的实验定律的基础上, 进行了创造性的理论研究工作, 建立了以他的名字命名的麦克斯韦方程组, 从而创立了完整的电磁理论体系。

麦克斯韦电磁理论体系的建立, 是 19 世纪人类文明史上的重大事件, 它标志着人类文明迈入了电的时代。从此, 人们知道电与磁不再是平行且互不联系的, 而是事物本身的两个方面。紧随其后, 1866 年, 西门子 (William Siemens, 1823~1883) 发明了发电机。1876 年, 贝尔 (Alexander Graham Bell, 1847~1922) 发明了电话。1879 年, 爱迪生 (Thomas Alva Edison, 1847~1931) 发明了电灯。1888 年赫兹 (Heinrich Ruodlf Hertz, 1857~1894) 成功地完成了电磁波实验, 对麦克斯韦方程组的正确性提供了实验依据。赫兹实验后不到 6 年, 意大利工程师马可尼 (G.Marconi, 1874~1937) 和俄国的波波夫 (A.S.Popov, 1895~1906) 分别实现了无线电远距离传播, 并很快投入了实际应用。其后, 无线电报 (1894 年)、无线电广播 (1906 年)、导航 (1911 年)、无线电话 (1916 年)、短波通信 (1921 年)、传真 (1923 年)、电视 (1929 年)、微波通信 (1933 年)、雷达 (1935 年) 以及近代的无线电遥测遥控、卫星通信、光纤通信等如雨后春笋般涌现出来。电磁技术的几位创始人如图 1.2 所示。



图 1.2 电磁技术的几位创始人

一个多世纪以来, 电磁技术已被广泛应用 (如图 1.3 所示), 由电磁学发展起来的现代电子技术已包含电力工程、电子工程、通信工程、计算机技术等多学科领域, 并深入到人们的日常生活中。今天, 对电磁学的成果的广泛利用程度, 已成为现代化的标志之一。

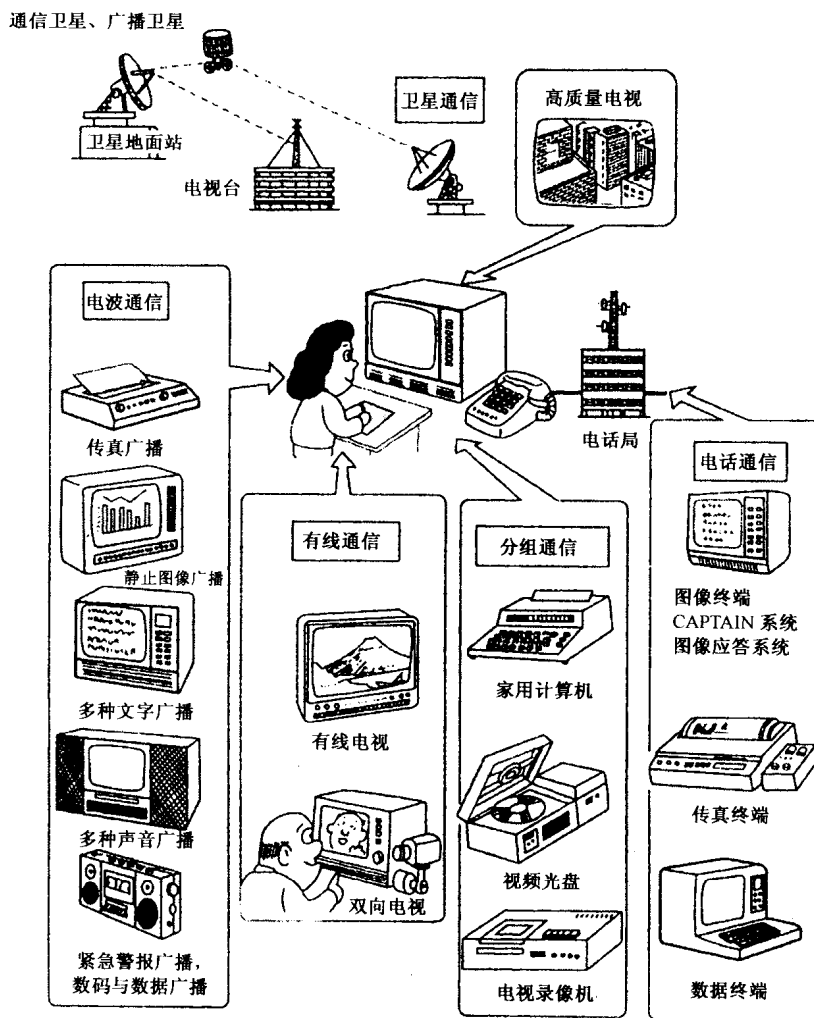


图 1.3 电磁技术的应用

1.2 电磁波的特点

当高频电流通过天线时，天线周围的电场与磁场将会发生相互作用，形成波动，以光速 ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) 向周围扩散，我们将这种电波与磁波的结合体统称为电磁波，电磁波的产生如图 1.4 所示。

电磁波是客观存在的一种物质形式，通过专门设备可以感觉到它的存在。例如，我们用收音机可以收听到电台的广播节目，用电视机可以收看到电视台的电视节目，这些事实都表明，在我们周围的空间里存在着电台和电视台发射的电磁波。事实上，我们周围充满了很多各种类型的电磁波。电磁波因波源不同（电流大小、时变性不同）、频率 f 不同，电磁波的波长 λ 是不同的，但在同一媒质中波速 v 是相同的（在真空中都以光速 c 传播，约 300000 km/s ）。电磁波包括了从所谓的超长波到长波、中波、短波、超短波、米波、微波、毫米波、光波以至 X 射线、 γ 射线等，它们的频率从几千赫兹延展到 10^{20} Hz ，是物理量中范围延伸最广的一

个。电磁波的波长越长，其频率越低，他们之间有下列关系式

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

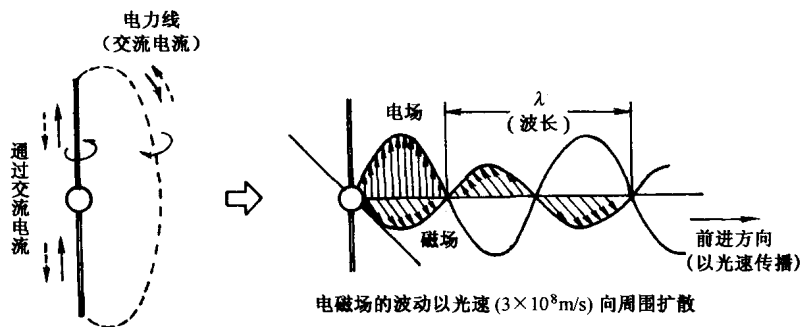
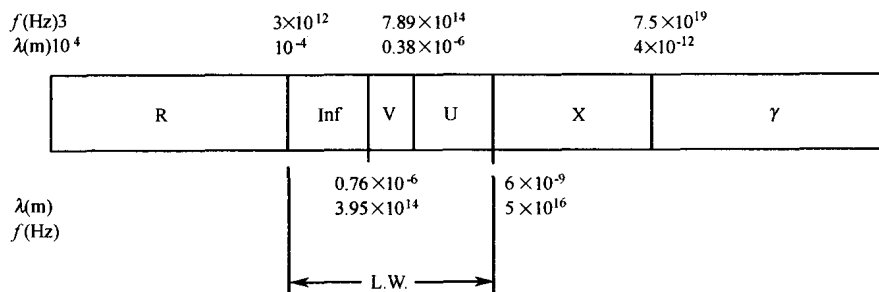


图 1.4 电磁波的产生

我们可以按照频率或波长的顺序把这些电磁波排列成图表，称之为电磁波谱，如 1.5 所示。



R—无线电波段；Inf—红外波段；V—可见光；U—紫外线；X—伦琴射线； γ — γ 射线；L.W.—激光波段

图 1.5 电磁波谱

为便于区别，后人因实用情况将它们进行了不同的划分，并给予一定的冠名。比较通用的是将波长从 30 km 到 0.1 mm (10 kHz ~ 3000 GHz) 之间的电磁波称为无线电波，有时也简称为电波；将波长从 0.1 mm 到 6×10^{-9} m (3000 GHz ~ 5×10^{16} Hz) 之间的电磁波称为激光；紧接其后的是 X 射线即伦琴射线；波长最长、频率最短的电磁波是 γ 射线。

实验表明，这些不同波长的电磁波本质上既具有共性，又具有一些不同的表现特性。首先它们均具有“波动性”，表现为它们随时间和空间均有波动的特征，有偏振现象，遇障碍物都有折射、反射、绕射、衍射等特征。其次，著名的“光电效应”实验又表明，电磁波还具有“粒子性”。在量子物理中把电磁波看成是由静止质量为零的光子组成。光子与其他粒子一样具有能量 E 和动量 p 。

$$E = hf \quad (1.2)$$

$$p = h/\lambda \quad (1.3)$$

式中， $h=6.6261 \times 10^{-34}$ 焦[耳]·秒(J·s)，称为普朗克常数。以上两个关系式把电磁波的双重性质（简称波粒二象性）——波动性和粒子性联系起来。动量和能量是描述粒子性的，而频率和波长则是描述波动性的。可以验证，频率较低的无线电波其光子能量很低，如频率为 1 MHz 的光子能量仅有 4×10^{-9} eV，若要使接收系统产生反应，一定是大量光子共同作用的结果。这说明检测其粒子性通常是比较困难的。这正如我们人类喝水时并不感觉到水是由分子、

原子等基本粒子组成一样，而认为水是一个连续的整体。而 X 射线中每个光子的能量达到 10^4 eV，很易使接收装置产生响应。显而易见，随着频率的升高，粒子性越来越明显，而波动性却难以察觉。电磁波的传播速度是相当快的，在自由空间中等于光速，即约为 3×10^8 m/s。这一速度大致相当于电磁波在 1s 内沿赤道绕地球传播七圈半。

在实践中利用电磁波的“波粒二象性”和传播速度快等特性，电磁波已进入我们人类生活的各个角落。被应用的电磁波波长有达 10^4 m 以上的，也有短到 10^{-14} m 以下的。

1.3 电磁波资源的合理应用

1. 无线电波

波长小于 0.1mm ($f=10\text{kHz} \sim 3000\text{GHz}$) 之间的电磁波称为无线电波，也简称为电波。由于其具有波长短，易于实现，便于控制的特点，它是电磁波中应用最为广泛的一种。早期的通信系统几乎都选择此波段的电磁波作为信号的载体。近代物理的研究又表明，电波中的微波（分米波与厘米波的统称）具有一定的生物效应，还有一定的穿透力，微波炉与微波烘干机以及微波理疗就是基于它的这些特性而研制的。随着通信事业的不断发展，电波的合理使用是非常重要的，为此几乎所有的国家、地方都设有无线电管理局。其职能是依据相关法规，对本区域内的无线台进行日常管理、使用频率规划等。附录 B 为江苏省主要无线通信业务使用频率一览表。

2. 可见光

可见光在整个电磁波谱中只占很小的一部分(如图 1.6 所示)，只有波长范围在 $0.39 \sim 0.76 \mu\text{m}$ 之间的一小段能使人眼睛产生光的感觉。人眼所看见的光实际上是不同波长的电磁波。白光则是各种颜色的可见光的混合。波长最长的可见光是红光 ($\lambda=0.63 \sim 0.76 \mu\text{m}$)，波长最短的光是紫光 ($0.40 \sim 0.43 \mu\text{m}$)。在光学中又常以埃 (\AA) 作单位来计算波长。 $1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{m}$ 。

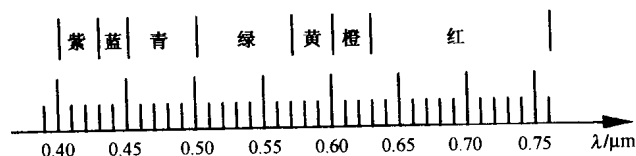


图 1.6 可见光的波长

3. 红外线

波长范围在 $0.76 \sim 750 \mu\text{m}$ 之间的电磁波叫红外线。它比红光的波长更长，在微波和红光之间，人眼看不见。红外线主要由炽热物体所辐射。普通白炽灯除辐射可见光外，也辐射大量红外线。红外线最显著的性质是热作用，人体受红外线照射时有热的感觉。所谓热辐射，主要是指红外线辐射。生产中常用红外线的热效应来烘烤物体。红外线虽然看不见，但可以通过特制（氯化钠或锗材料做成）的透镜或棱镜成像或色散，使特制的底片感光，还可通过“图像变换器”转变为可见的图像。根据这些性质，可进行红外照相，并可制成“夜视”仪器在夜间观察物体。红外雷达、红外通信都利用定向发射红外线。这些仪器在军事上有重要

的用途。另外，由于物质的分子结构和化学成分同它所能吸收的红外线波谱有密切关系，因此研究物质对红外线的吸收情况可以分析物质的组成和分子结构。化学工程中广泛应用的红外分析就是利用的这一原理。

4. 紫外线

波长范围在 $4 \times 10^{-7} \sim 4 \times 10^{-9} \text{ m}$ 之间的电磁波叫紫外线。它比紫光的波长更短，人眼也看不见。炽热物体的温度很高时，就会辐射紫外线。太阳光中有大量紫外线，汞灯中也有大量紫外线。紫外线有明显的生理作用，可用来杀菌，在医疗上有应用。许多昆虫对紫外线特别敏感，因此农村常用紫外灯（黑光灯）来诱捕害虫。

5. X 射线

X 射线即伦琴射线，是波长比紫外线更短的电磁波，其波长范围在 $10^{-7} \sim 10^{-13} \text{ m}$ 之间。X 射线一般由 X 光管产生。在 X 光管两极加上很高的电压（约几万伏），从阴极发射出的电子就以很高的速率打在金属如钨等做成的对阴极上，这时对阴极表面就发出 X 射线。X 射线具有很强的穿透能力，它能使照相底片感光，使荧光屏发光。利用这种性质可以透视人体内部的病变和检查金属内部的情况。由于 X 射线的波长与晶体中原子间距离的线度相近，因此在科学研究中，常用 X 射线来分析晶体的结构。

6. γ 射线

γ 射线是在原子核内部的变化过程（常称衰变）中发出的一种波长极短的电磁波，其波长在 $3 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-14} \text{ m}$ 以下。许多放射性同位素都发射 γ 射线。 γ 射线有多方面的应用，如对金属探伤等。研究 γ 射线可以帮助了解原子核的结构。

1.4 电波与通信

1.4.1 电波与通信

很久以来，人们曾寻求各种方式来实现信号的传输（如图 1.7 所示）。我国在秦王朝时期就曾以烽火台的焰火来传递军情，这是历史记载中最早的信号传递。人们又用击鼓或鸣钟的音响传达战斗的命令，以后又出现了信鸽、旗语、驿站等传送消息的方法。这些传送方式只能传送简单的信号。在传送距离、速度、可靠性与有效性等方面均不能保证。随着人们实践活动及科学技术的日益发展，要求传送的信息内容相继复杂，信号的形式（文字、图片）也不断增多，传送的方法快而准。麦克斯韦在提出光的电磁理论的同时，提出光的传播速度是 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。他的这一理论被赫兹通过实验证实，电磁波便作为信息的主要载体被研究、开发。

在刚开始利用电磁波进行通信时，考虑到波长越长，可以传播的距离就越远，人们使用了 20 kHz 和 30 kHz 的超长波，可是这样的长波连声音都无法传递。因此，人们逐步转向了使用更高的频率，终于发现使用短波可以实现长距离通信。如今，对于使用更高频率的电波进行通信的研究正在不断进行之中。

图 1.8 列出了电波的范围和用途。频段的划分还与实际使用有关，如二战期间根据雷达工作状态，把超短波和微波划分为 P, L, S, C, X, K, Q, V 等波段，后又改为 A~M 波段。

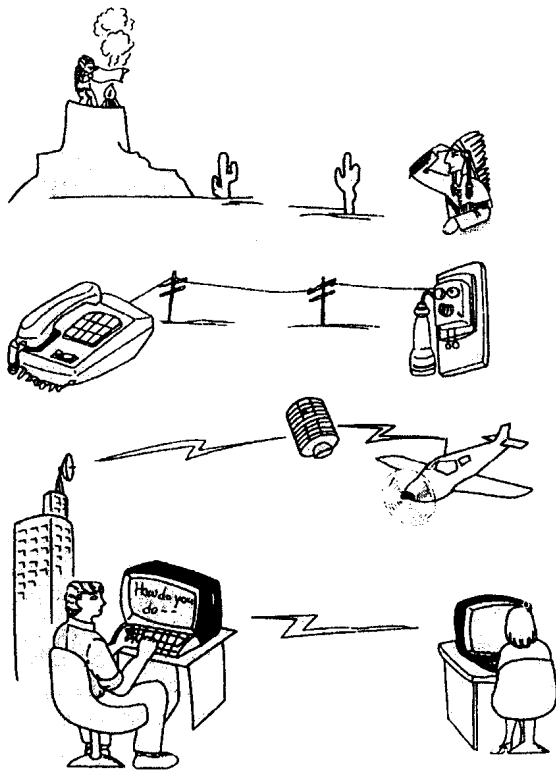


图 1.7 各种信息传递的方法

| 频率 | 波长 | 名称 | 主要用途 |
|---------|-------------------|-----|------------------------------|
| 300 GHz | 0.4 μm | 紫外线 | 光通信、光信息处理、激光加工 |
| | 0.8 μm | 可见光 | |
| | 1 mm | 红外线 | |
| 30 GHz | 1 cm | 毫米波 | 宇宙通信、无线导航 |
| | | EHF | |
| 3 GHz | 10 cm | 微波 | 航空、气象、宇宙通信、电话、船舶雷达 |
| | | SHF | |
| 300 MHz | 1 m | 超高频 | 电视、CATV、电话、个人无线通信、汽车电话、出租车电话 |
| | | UHF | |
| 30 MHz | 10 m | 甚高频 | 电视、CATV、调频广播、业余无线电 |
| | | VHF | |
| 3 MHz | 100 m | 短波 | 短波广播、标准电波、国际通信、业余无线电 |
| | | HF | |
| 300 kHz | 1 km | 中波 | 无线电广播、交通信息广播、罗兰导航 A |
| | | MF | |
| 30 kHz | 10 km | 长波 | 船舶、罗兰导航 C、标准电波、飞机导航无线电指向仪 |
| | | LF | |
| | | 超长波 | 奥米伽、船舶导航 |
| | | VLF | |

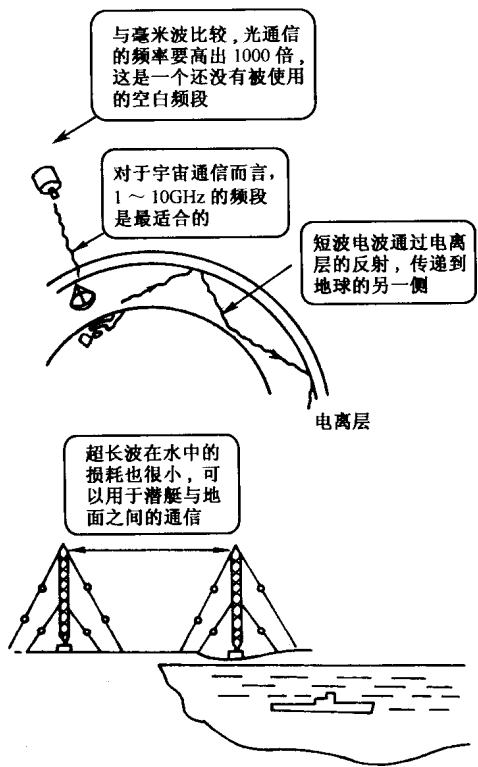


图 1.8 电磁波の利用

除了满足远距离通信的需求，现在，移动无线电已经成为我们日常生活的一个重要组成部分。1950 年日本在警察的汽车上开始配备无线电电话机，随后，慢慢发展到消防部门、运输部门、业余无线电以及个人无线电。汽车无线通信如图 1.9 所示。

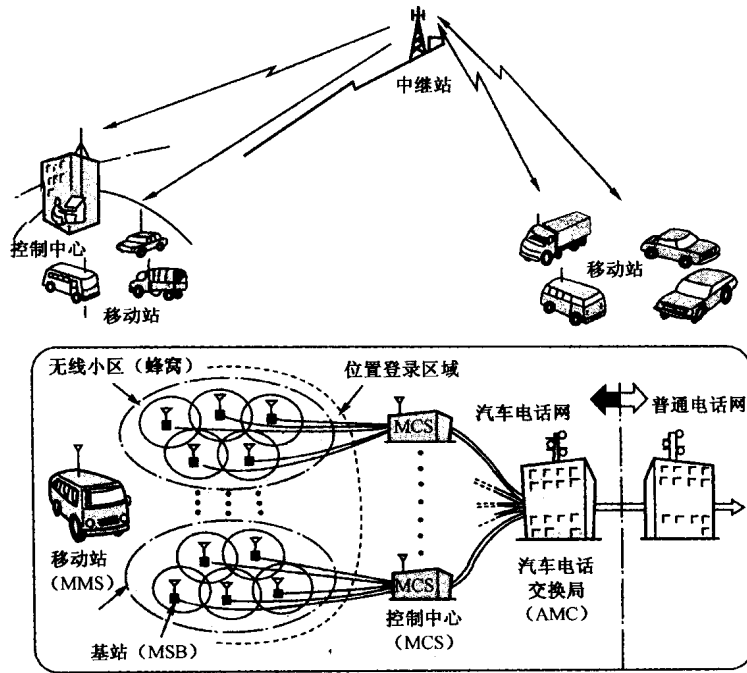


图 1.9 无线通信

1.4.2 光与电波

通常，人们认为光与电波是性质完全不同的物质，实际上光与电波都属于电磁波。

利用光进行通信的想法自古以来就有过，而真正使用光通信，是在固体激光、半导体激光以及光纤等出现之后，随着集成电路技术的发展才开始成为可能的。

如图 1.10 所示，太阳光和白炽灯发出的光含有许多波长，而激光与通信使用的电磁波一样是由单一的波长组成的，通信使用这种光可以实现大容量信息的传输。如果让激光和电波一样在空间传输，由于雨水和雾的原因，其衰减很大，很容易受到自然条件的限制。光通信（如图 1.11 所示）通常采用光纤作为传播的载体，光纤的构造如图 1.12 所示。

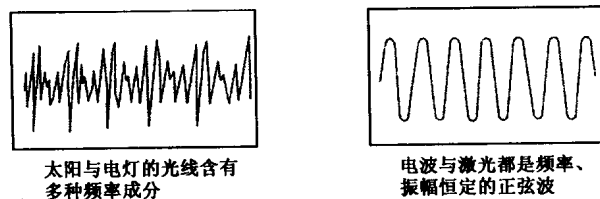


图 1.10 激光与自然光

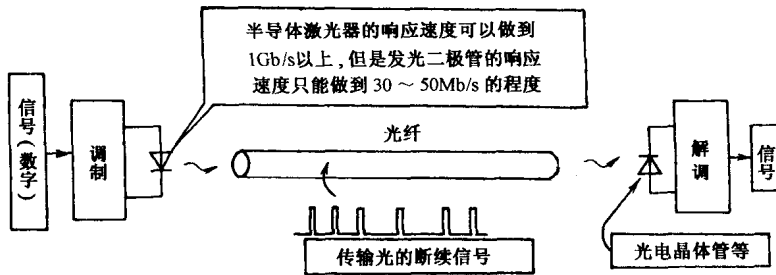


图 1.11 光通信原理

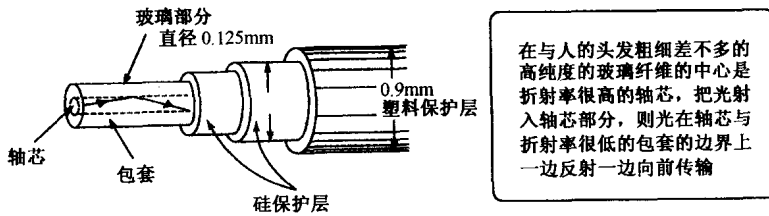


图 1.12 光纤的构造

1.4.3 现代通信系统的构成

从原理上来看, 现代任何通信系统都是由三个基本部分组成的, 即发射系统、传输系统和接收系统 (如图 1.13 所示)。发射系统的任务是把声音或图像转变成电信号, 并放大到足够的强度, 然后按一定的顺序发送出去。而接收系统是有选择地接收所需的信号, 并放大到足够的量值, 再恢复成声音或图像。传输系统可以是有线的, 也可通过地球周界的空间传递, 前者叫有线通信, 后者称为无线通信。

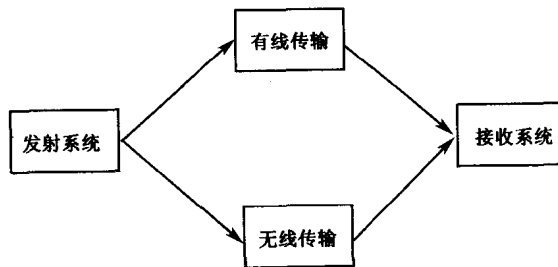


图 1.13 通信系统的基本组成

一个成功的通信系统要求这三部分均具有良好的性能。传输系统的功能是尽可能以最小的损耗和失真传递信号。了解传输系统的传输原理、掌握不同电波的传输规律与传输技术, 是本课程所要解决的主要问题。

习 题 1

1. 举出几种我们周围的电磁波工作频率。
2. 光是电磁波吗? 光是时变电磁场吗?

3. 电磁波具有什么特点？电磁波可应用于哪些方面？
4. 可见光中波长最短的波是什么光？
5. 电磁波段的划分是惟一的吗？
6. 可见光的工作波长是多少？红光在自由空间的速度是多少？
7. 短波与中波相比，谁的绕射能力强？为什么？
8. 电磁波具有“波粒二象性”，为什么在实用中常不考虑电波所具有的粒子性？
9. 讨论 f 为 10 MHz, 300 GHz, 3×10^6 GHz 的三种电磁波的光子能量，并指出这些频率的信号属于哪个波段。
10. 微波有什么特点？短波的工作频率是多少？
11. 国际上通用的广播频段为 11.7~12.2 GHz 和 22.5~23 GHz，试计算它的波段。
12. 同时同地发出的两束波，一束是微波，一束是米波，假设周围的环境接近自由空间，米波将比微波先到达预定的同一接收点，这种想法正确吗？为什么？