

# 无线电世界

杨今昔 编著 管致中 孙文治 审

电子工业出版社

73.45

661

# 无线电世界

杨今昔 编著

管致中 孙文治 审



电子工业出版社

891C018

## 内 容 简 介

本书比较系统地介绍了无线电传递信息的基本原理及其在各个领域的实际应用。第一章扼要叙述了“从有线电到无线电”、“从单管机到万管机”的必然发展过程；第二章介绍了无线电波传递信息的全过程，包括信号的变换，无线电波的产生、发射、传播和接收；第三至第六章介绍了无线电在广播、通信、雷达、导航、遥控、遥测和遥感等各个领域的应用，着重介绍应用原理，同时兼顾发展过程；第七章展望了未来无线电世界的前景。

本书避免了繁冗的数学推证和复杂的电子线路分析，通俗易懂，图文并茂，适合于具有初中以上文化水平的广大无线电爱好者和从事无线电工作的工人、干部、战士阅读，也可作为其他专业的大专学生和工程技术人员扩大知识面的科普读物。

## 无线电世界

杨今昔 编著

管致中 孙文治 审

责任编辑：王玉国

\*

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

山东电子工业印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

•

开本：850×1168 1/32 印张：12.75 字数：319千字

1987年10月第一版 1987年10月第一次印刷

印数：1—7000 定价：3.30元

ISBN7-5053-0044-X/TN24

统一书号：15290·515

DT03/15

现在世界已进入一个电子信息时代。电子工业、微电子学已成为当今世界科学的前沿阵地之一。现在全世界非常关心的、发展最快的、对人类贡献最大的、作用最广泛的就是电子学，这点很值得引起我们的注意。

——摘自方毅同志在《无线电》杂志创刊三十周年  
庆祝会上的讲话

## 前 言

当你打开收音机欣赏广播电台播送的交响乐曲的时候；当你坐在电视机前为中国女排获得三连冠的精湛球艺而喝采的时候；你是否想过，这是谁给你带来的福音呢？它，就是“无线电”。无线电神通之广大是连《西游记》中的孙悟空也不能与之相比的。它能够翻山越岭，飘洋过海，飞越太空；它不怕风，不怕雨，不怕千军万马的阻挡；它来无踪，去无影，快如闪电。《封神榜》中的“顺风耳”和“千里眼”，自古以来直至几十年前始终是神话故事中人们的美好想往，但在发明了无线电后就使神话变成了司空见惯的现实。

无线电从诞生到现在，只有一百年的历史，它发展之迅速、应用之广泛确实令人叹赏。在二十世纪各门科学技术绚丽争艳、竞相开放的百花园中，它越来越成为群芳之冠而独占鳌头。从生活到生产，从民用到军事，从娱乐到通信，从海底到太空，到处都有它开创的奇迹。但是无线电却并不神秘，无线电的发明和应用，与其它许许多多科学成果一样，也是千百万劳动人民和科学工作者辛勤劳动的结果，是人类智慧与血汗的结晶。要是你能够真正地了解它，它就会更好地为你服务；要是你能够正确地驾驭它，你就可以用它为人类创造出日新月异的奇迹。

你想知道无线电是怎样诞生的吗？你想知道“顺风耳”、“千里眼”是怎样显神通的吗？你想通晓无线电世界的今天和明天吗？这本《无线电世界》小册子将为你打开进入无线电宫殿的大门，使你能纵观无线电世界的概貌，激发你对无线电的爱好和志趣。

本书在编写过程中，南京工学院院长管致中教授，无线电工程系孙文治副教授给予了热情帮助和指导。孙文治副教授对书稿

进行了详细审订，管致中教授审阅了部分章节。另外，南京无线电厂、南京有线电厂等单位也给予很大支持，在此一并表示感谢。

由于编写时间比较仓促，书中还可能存在不少缺点或错误之处，竭诚希望广大读者不吝指正。

作 者

1985年11月于南京

# 目 录

## 前 言

### 第一章 无线电是怎样诞生和发展的……………(1)

#### § 1-1 从有线电到无线电……………(1)

一、第一次产业革命与电磁学的大突破……………(1)

二、有线电报和有线电话的问世……………(5)

三、无线电波的春天……………(9)

#### § 1-2 从“单管机”到“万管机”……………(13)

一、没有电子管和晶体管的无线电收发信机……………(13)

二、电子管的问世与无线电通信的大发展……………(15)

三、无线电广播网的建立和电视、雷达的诞生……………(20)

四、晶体管的问世与电子线路的集成化……………(25)

五、从模拟通信走向数字通信……………(30)

### 第二章 无线电是怎样传递信息的……………(34)

#### § 2-1 信号与电波……………(34)

一、信息的“世界”，电磁波的“海洋”……………(34)

二、最基本的信号——正弦波信号……………(39)

三、无线电波的频率、速度和波长……………(41)

四、信号的频谱……………(43)

五、模拟信号与数字信号……………(45)

#### § 2-2 信号的放大……………(50)

一、揭开晶体管的秘密……………(51)

二、信号放大的几个基本问题……………(58)

|                   |       |
|-------------------|-------|
| § 2-3 无线电波的产生和发射  | (61)  |
| 一、高频电磁振荡的产生       | (63)  |
| 二、信号的调制           | (69)  |
| 三、无线电波的发射         | (80)  |
| § 2-4 无线电波的传播     | (88)  |
| 一、无线电波传播的特点       | (88)  |
| 二、无线电波传播的方式       | (94)  |
| § 2-5 无线电波的接收     | (102) |
| 一、无线电接收设备的一般要求和组成 | (102) |
| 二、接收信号的选择         | (107) |
| 三、变频              | (109) |
| 四、信号的解调           | (112) |
| <b>第三章 无线电广播</b>  | (117) |
| § 3-1 声音广播        | (117) |
| 一、声音信息的发送和广播系统的组成 | (118) |
| 二、声音广播的接收         | (124) |
| 三、立体声广播           | (130) |
| 四、广播收音机的新发展       | (139) |
| § 3-2 电视广播        | (142) |
| 一、黑白电视广播          | (143) |
| 二、彩色电视广播          | (154) |
| 三、立体声电视与立体电视      | (165) |
| 四、数字电视与高清晰度电视     | (171) |
| 五、特种屏幕电视          | (175) |
| 六、卫星电视广播          | (188) |
| <b>第四章 无线电通信</b>  | (194) |
| § 4-1 无线电报        | (196) |



|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| 一、电码 .....               | (196)        |
| 二、人工收发报通信 .....          | (200)        |
| 三、电传机收发报通信 .....         | (202)        |
| 四、中文电报译码机 .....          | (206)        |
| § 4-2 无线电话 .....         | (208)        |
| 一、今日的“顺风耳” .....         | (208)        |
| 二、多路微波载波电话 .....         | (211)        |
| 三、飞机无线电话 .....           | (218)        |
| 四、船舶无线电话 .....           | (221)        |
| 五、火车与汽车无线电话 .....        | (222)        |
| 六、机动灵活的各种地面无线电话 .....    | (227)        |
| § 4-3 图象通信 .....         | (229)        |
| 一、传真通信 .....             | (230)        |
| 二、电视图象通信(映象通信) .....     | (236)        |
| 三、书写通信 .....             | (256)        |
| § 4-4 卫星通信 .....         | (258)        |
| 一、从我国发射第一个试验通信卫星谈起 ..... | (258)        |
| 二、通信卫星是怎样工作的 .....       | (262)        |
| 三、卫星地面站 .....            | (265)        |
| 四、国际通信卫星与海事卫星 .....      | (269)        |
| § 4-5 光纤通信 .....         | (272)        |
| 一、什么是光纤通信 .....          | (272)        |
| 二、光纤和光缆 .....            | (274)        |
| 三、光端机 .....              | (279)        |
| 四、光纤通信的优点及应用 .....       | (285)        |
| <b>第五章 雷达与导航 .....</b>   | <b>(289)</b> |
| § 5-1 雷达 .....           | (289)        |
| 一、雷达的工作原理与特点 .....       | (289)        |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 二、相控阵雷达与激光雷达 .....           | (295)        |
| 三、雷达在军事上的应用 .....            | (299)        |
| § 5-2 无线电导航 .....            | (306)        |
| 一、什么叫无线电导航 .....             | (306)        |
| 二、无线电导航的基本原理 .....           | (308)        |
| 三、无线电测向导航系统 .....            | (311)        |
| 四、双曲线定位导航系统 .....            | (315)        |
| 五、雷达导航系统 .....               | (321)        |
| 六、卫星导航系统 .....               | (323)        |
| <b>第六章 无线电遥测、遥控和遥感 .....</b> | <b>(326)</b> |
| § 6-1 无线电遥测 .....            | (326)        |
| 一、无线电遥测是怎样实现的 .....          | (326)        |
| 二、多路遥测系统 .....               | (328)        |
| § 6-2 无线电遥控 .....            | (333)        |
| 一、无线电遥控系统概述 .....            | (333)        |
| 二、无线电遥控航模靶机 .....            | (335)        |
| 三、人造地球卫星的遥控 .....            | (339)        |
| § 6-3 无线电遥感 .....            | (342)        |
| 一、什么叫遥感 .....                | (342)        |
| 二、机载侧视雷达遥感系统 .....           | (344)        |
| 三、微波辐射计 .....                | (346)        |
| <b>第七章 未来的无线电世界 .....</b>    | <b>(349)</b> |
| § 7-1 数字化信息传输系统 .....        | (349)        |
| 一、数字化的“大脑”——计算机 .....        | (350)        |
| 二、数字通信 .....                 | (356)        |
| 三、数据通信 .....                 | (361)        |
| 四、综合数字通信网 .....              | (365)        |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| § 7-2 世界立体通信网 .....           | (368) |
| § 7-3 取之不尽的能源      微波电站 ..... | (372) |
| § 7-4 电子家庭 .....              | (375) |
| § 7-5 到宇宙空间旅行 .....           | (380) |
| § 7-6 天高可问——未来电子学趣谈 .....     | (384) |
| 一、未来的机器人能否比人更聪明? .....        | (385) |
| 二、知识可以直接输入大脑吗? .....          | (393) |

# 第一章 无线电是怎样诞生和发展的

## § 1-1 从有线电到无线电

### 一、第一次产业革命与电磁学的大突破

人类在两千多年以前,就发现了电现象和磁现象。我国早在战国时期(公元前475~211年)就发明了利用天然磁石来定向的指南针,在古代称为司南,如图1-1,距今已有两千多年的历史。到十二世纪,指南针已应用于航海事业。但是人类对电和磁的真正认识及广泛应用,才有一百多年历史。在一百四十年前,世界上还没有一盏电灯,也没有一台发电机;没有一部电话机,也没有一条架空电线;更谈不上无线电收音机和电视机了。在过去这漫长的岁月里,电磁学为什么得不到发展呢?因为任何科学技术的产生和发展,都是与当时社会生产力的发展密切相关的。电磁学的研究必须以一定的数学、力学和化学理论作为基础,必须借助于较精密的测量仪器和准确的实验方法。然而这些条件只有在社会生产力发展到一定水平之后才能逐步具备。

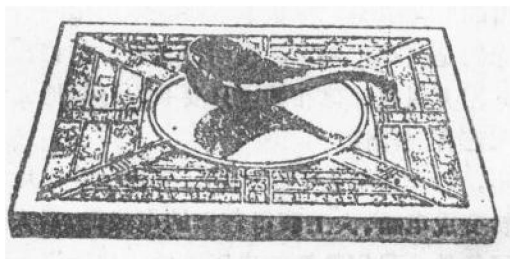


图1-1 司南

8910018

回顾历史可知，从十八世纪到十九世纪，是西欧资本主义发展的盛兴时期，以蒸汽机为动力的机器生产代替了手工劳动，以机器为主体的工厂代替了手工工场，这就是历史上被称之为“第一次产业革命”的时期。这次产业革命于十八世纪六十年代首先在英国发生，后来发展到法国、美国、德国等西欧国家。它推动了纺织、机械、交通、化学等工业的迅速发展，为电磁学的发展提供了物质基础。1830年英国的利物浦市和曼彻斯特市之间的第一条铁路通车，1819年美国人建造的“平原号”大轮船横渡了大西洋，1858年轰动了泰晤士河两岸的6600马力的巨轮下水，这些铁路和航海事业的发展，要求迅速建立与之相适应的先进的通信工具。这一切都使电磁学的发展和无线电的诞生成为客观上迫切需要解决的问题。

在第一次产业革命浪潮的推动下，许许多多科学工作者对电和磁现象进行了深入的研究，取得了前所未有的突破。十八世纪末，法国物理学家库仑，在探索电现象奥秘方面取得了卓越的成就。1785年，他在总结前人对于电磁现象认识的基础上，用他自己发明的扭秤经过反复测定，确定了“两个点电荷间的相互作用力与两个点电荷电量的乘积成正比，与两个点电荷间距离的平方成反比”。这就是两百年来一直作为静电学基础的“库仑定律”。后人为了纪念他的功绩，把电量单位命名为“库仑”。

库仑得出了电学发展史上第一个关于电现象的数学关系式。有趣的是，如果我们把库仑定律数学关系式与英国科学家牛顿在1687年提出的万有引力定律数学关系式对比一下（如图1-2）。就会知道它们是何等相似！这说明了自然界的许许多多事物之间，是有其相类似的规律性的，只要我们仔细地去观察、实验，就可能发现这种规律性。

1800年，意大利物理学家伏特研究出了化学电池。从此可以把化学能转变成电能，人工获得连续的电流，为后人研究电与磁的关系创造了条件。我们熟知的电压单位“伏特”，就是以他的名

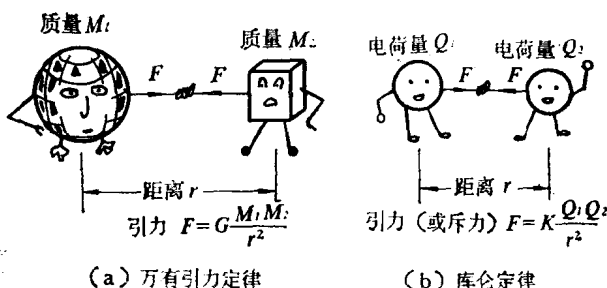


图1-2 库仑定律与万有引力定律对比

字来命名的。

电与磁的关系，是丹麦哥本哈根大学教授奥斯特在一次实验中发现的。他用化学电池给导体通以电流，发现放在导体附近的指南针突然发生偏转；当改变电流方向时指针方向也随之改变。

为什么指南针此时不指南北了呢？他通过进一步实验得出结论：在通电导体的周围存在着磁场，这个磁场对磁针产生一个作用力，使磁针发生偏转，如图 1-3。

导体周围所产生的磁场可以形象地用一些闭合曲线来表示，这些曲线叫做磁力线。通过

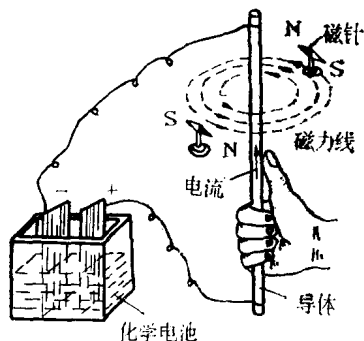


图1-3 通电导体所产生的磁场

实验发现，磁力线方向与电流方向之间存在着一定关系，其关系可以用右手拇指法则来确定。用右手握住导体，拇指伸直并指向电流方向，那么环绕导体的四指所指的就是磁力线方向。磁针在磁场作用下发生偏转，最后静止时，其N极所指的方向应与磁力

线方向一致。如果电流方向改变，则磁力线方向也改变，磁针指示方向亦随之改变。

奥斯特揭示了电现象和磁现象之间的相互联系，证明了“电”能够产生“磁”。1820年奥斯特把他的实验结果公布后，鼓舞了各国科学界人士去对电与磁的关系进行更深入的研究。法国物理学家安培，通过实验进一步证明了“有电流必有磁场”。他提出了磁性起源假说，把磁现象统一到电现象之中。



图1-4 迈克尔·法拉第

十九世纪科学上的重大发现之一，就是电磁感应定律。这个定律是由一位只读过两年小学、学徒出身的法拉第发现的。法拉第(图1-4)出生在英国，是位铁匠的儿子。由于家庭生活困苦，他12岁时就上街卖报，13岁起在一家书店当学徒，22岁时到一个实验室充当

助手。由于他勤奋好学，勇于实践，终于掌握了电学的一些基本知识。他根据奥斯特发现的“电”能生“磁”的现象大胆设想：能不能反过来由“磁”产生“电”呢？他敢想敢做，以坚韧不拔的意志，经过长达十年的反复实验，终于在1831年证实：利用导体在磁场中作切割磁力线的相对运动可以获得电流。这就是我们所称的“法拉第电磁感应定律”。图1-5表示，这个定律的实验原理。在磁铁的两磁极间悬挂一根金属棒，棒两端通过软导线与电流表相连接。使金属棒作水平方向运动时，可以看到电流表指针发生偏转，说明电路中产生了电流。

法拉第电磁感应定律证明了“磁”可以产生“电”。这一定律奠定了现代电工学的基础，对后来发电机和变压器的发明以及交流电在生产上的广泛应用，起着决定性的作用。这段时期，关

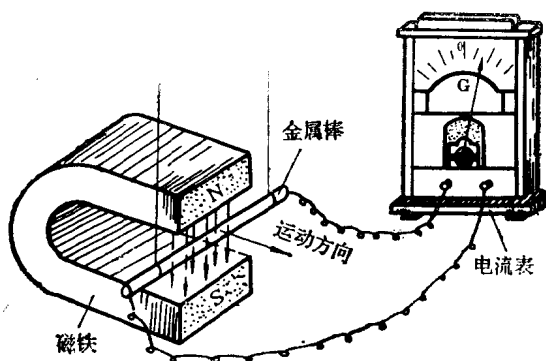


图1-5 电磁感应实验装置

于电磁学基本规律的研究，不仅为有线电应用开辟了道路，也为无线电的诞生起了重要的孕育作用。

## 二、有线电报和有线电话的问世

电磁学的发展，首先引起了通信方式的变革，由视觉通报机的“接力”式传递信息发展到用电流信号来传递信息，导致了有线电报和有线电话的诞生。

十九世纪初期，在西欧先后出现了多种形式的电报机。其中有代表性的是俄国瑟姆林格制作的电化式电报机，英国库克和惠斯登发明的指针式电报机。这些电报机由于结构复杂和使用不方便而未能得到推广应用。1832年，41岁的美国画家莫尔斯对电磁学发生了兴趣。他放弃作画，开始孜孜不倦的学习和研究如何把电磁原理用到电报传输中去。在1837年，终于研制成功用电码传送信息的电报机。接着，他又历尽了艰辛和挫折，在华盛顿与巴尔的摩城之间建立起了世界上第一条电报线路。

1844年5月24日，莫尔斯在华盛顿国会大厦的会议厅里，通过架空电线向64公里外的巴尔的摩城发送了人类有史以来的第一份电报：“上帝创造了何等奇迹”。此后，滴滴嗒嗒的电码声在世界



各地响起，莫尔斯电报机开始进入实用阶段。在美国、法国、奥地利、意大利、俄国等都先后建立了电报线路，1850年开始敷设海底电缆电报线路。

我国的第一条电报线路是在1871年由丹麦大北电报公司敷设的海底电缆线路。该线路在上海与香港之间，全长950海里，并在上海开设了电报业务。1879年，我国创办了天津到大沽之间的第一条陆上电报线路。1881年建成了上海与天津间的电报线路。

莫尔斯电报应用已经一百多年了，直到现在仍有旺盛的生命力。在图1-6中示出这种电报装置的工作原理。发报端的主要装

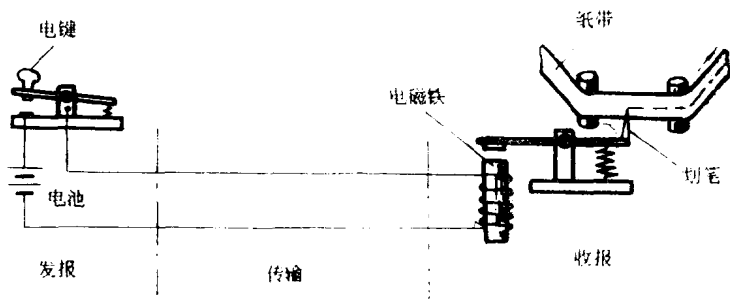


图1-6 莫尔斯有线电报工作原理

置是一个电键和一组化学电池，收报端有电磁铁和纸带记录装置，再有传输电线把它们联成一个电路。当电键按下时电路接通，由于电磁铁的吸力使划笔在移动着的纸带上打上不同符号。符号形式与电键接通时间长短有关，接通时间短的为“点”，接通时间长的为“划”。用“点”和“划”的不同组合来代表不同字母和数字，就能达到传递信息的目的。莫尔斯电报装置不仅设备简单，操作方便，更重要的是他用简单的电码符号来代表所要传递的信息内容，是现代数字通信的雏型。所以莫尔斯电报机取代了在他之前出现的各种电报机，得到了推广和实际应用。

电报虽然达到了远距离传递信息的目的，但是发送时要把文