

新编 无线电爱好者 实用手册(上册)

梅昌义 主编 江万鹏 副主编

钱民康 审稿

湖北科学技术出版社



走进书市，
那些为老一代无线电爱好者
争相购阅的
无线电基础知识类图书
不见了踪影，
新一代的无线电爱好者
置身于茫茫书海却无书可读了。
无书可读了？
此刻，《新编无线电爱好者
实用手册》
以全新的面貌走近您，
给您惊喜……
我们渴望您对本书
提出意见与建议，
渴望与您交流。

新编 无线电爱好者 实用手册(上册)

梅昌义 主编 江万鹏 副主编

钱民康 审稿

湖北科学技术出版社



新编无线电爱好者实用手册(上册)

© 梅昌义 主编

责任编辑:曾凡亮

封面设计:秦滋宣

出版发行:湖北科学技术出版社
地 址:武汉市武昌东亭路2号

电话:(027)86782508
邮编:430077

印 刷:湖北京山县印刷厂

邮编:431800

787mm×1092mm 16开 21.5印张 1插页
1999年11月第1版

480千字
1999年11月第1次印刷

印数:1—5 000
ISBN 7—5352—1995—0/TN·49

定价:49.00元(上、下册)
本册定价:25.00元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 无线电的诞生与发展	(1)
第二节 电生磁与磁生电	(2)
一、电场	(2)
二、磁场	(3)
三、电场与磁场的联系	(3)
第三节 空中信使——电磁波	(5)
第四节 揭开电波信号的神秘面纱	(6)
第五节 无线电波的传播	(8)
一、地波	(8)
二、天波	(8)
三、空间波	(9)
四、散射波	(9)
第六节 无线电波的发送与接收	(9)
第七节 飞速发展的广播电视和通信事业	(11)
一、卫星电视广播	(12)
二、数字通信与数字电视	(13)
三、光纤通信	(13)
四、高清晰度电视	(14)
第二章 电路分析基础	(15)
第一节 电路的作用和电路模型	(15)
第二节 直流电路	(16)
一、电路中的基本物理量	(16)
二、电阻、欧姆定律	(18)
三、简单直流电路分析	(21)
第三节 电容器与 RC 电路	(25)
一、电容器的主要参数	(25)
二、电容器的联接	(26)
三、RC 电路的充电和放电	(27)

第四节 正弦交流电路	(28)
一、什么是交流电	(28)
二、简单交流电路分析	(30)
三、交流电路的电功率	(34)
第五节 谐振电路	(36)
一、LC 回路的自由振荡	(36)
二、RLC 串联谐振电路	(37)
三、RLC 并联谐振电路	(41)
第六节 阻容元件的使用知识	(42)
一、电阻器的使用知识	(42)
二、电位器的使用知识	(42)
三、电容器的使用知识	(43)
四、常用电容器介绍	(45)
附录 阻容元件的型号规格	(47)
一、电阻器(含电位器)的型号规格	(47)
二、电容器的型号规格	(50)
三、敏感元件的型号命名法	(51)

第三章 常用电子器件

第一节 电子管

一、二极管	(53)
二、三极管	(55)
三、五极管	(58)
四、束射四极管	(61)
五、电子管型号命名方法	(61)
六、电子管的使用知识	(62)

第二节 半导体分立器件

一、半导体的基础知识	(63)
二、半导体二极管	(68)
三、晶体三极管	(71)
四、场效应晶体管	(77)
五、晶闸管	(86)
六、国产半导体分立器件的型号命名方法	(88)

附录一 常用电子管应用参数

附录二 常用半导体二极管应用参数

附录三 常用晶体三极管应用参数

附录四 常用场效应晶体管应用参数

附录五 常用普通晶闸管应用参数

第四章 低频放大器	(139)
第一节 放大器的基本概念	(139)
一、放大器的功用与分类	(139)
二、放大器的增益	(139)
三、放大器的频率特性	(140)
第二节 放大电路的工作原理及分析方法	(140)
一、晶体管放大电路的工作原理	(141)
二、放大器电路的分析方法	(144)
三、场效应管放大电路	(149)
第三节 多级放大器	(154)
一、放大器级与级之间的耦合	(154)
二、放大器的输入电阻与输出电阻	(156)
三、多级放大器的电压放大倍数	(156)
四、放大器的频率特性	(156)
第四节 差动放大器	(157)
一、直接耦合放大器的零点漂移	(157)
二、差动放大器的基本工作原理	(157)
三、共模输入和差模输入	(158)
四、差动放大电路的静态工作点	(158)
五、采取稳定措施的差动放大器	(159)
第五节 放大器的负反馈	(160)
一、基本概念	(160)
二、负反馈对放大器性能的影响	(163)
三、射极跟随器	(165)
第五章 集成运算放大器	(168)
第一节 集成运算放大器的内部电路组成及分类	(168)
一、内部电路组成	(168)
二、集成运算放大器的引脚说明	(168)
三、集成运算放大器的分类	(169)
第二节 集成运算放大器的主要参数	(169)
第三节 集成运算放大器的应用	(170)
一、集成运放的三种基本电路	(170)
二、数学运算的基本电路	(172)
三、集成运算放大器应用中的几个问题	(173)
四、几种实用电路	(175)

第六章 高频放大器	(178)
第一节 高频电压放大器	(178)
一、对高频电压放大器的要求及组成模型	(178)
二、晶体管的高频特性	(179)
三、晶体管高频电压放大器	(180)
四、多级单调谐放大器	(182)
五、放大器的稳定性	(182)
六、调谐放大器应用举例	(184)
七、集成电路高频电压放大器	(185)
第二节 高频谐振功率放大器	(187)
一、原理电路及工作过程	(187)
二、高频谐振功率放大器馈电电路	(189)
三、丙类倍频器	(191)
附录一 压电滤波器的型号命名方法	(191)
附录二 声表面波滤波器的型号命名方法	(192)
第七章 正弦振荡器	(193)
第一节 概述	(193)
一、振荡频率的准确性及稳定度	(193)
二、波形失真度	(193)
第二节 振荡器的基本工作原理	(194)
一、振荡电路的组成	(194)
二、振荡器的起振、平衡及稳定条件	(194)
第三节 LC 振荡器	(197)
一、变压器耦合振荡器	(197)
二、三点式振荡器	(198)
三、振荡器中的两个实际问题	(201)
第四节 LC 振荡器的频率稳定度	(202)
一、引起振荡器频率变化的原因	(202)
二、提高频率稳定度的措施	(202)
第五节 晶体正弦波振荡器	(203)
一、石英晶体的电特性	(203)
二、晶体振荡器	(205)
三、石英晶体的使用注意事项	(206)
第六节 RC 振荡器	(207)
一、RC 串并联选频电路	(207)
二、集成运放文氏电桥振荡器	(208)
附录 石英晶体的型号命名方法	(209)

一、石英谐振器	(209)
二、石英晶体振荡器	(210)
第八章 调制与解调	(211)
第一节 调制与解调的基本概念	(211)
一、什么叫调制	(211)
二、什么叫解调	(212)
第二节 调幅的基本原理	(212)
一、幅调波的形成	(212)
二、幅调波的特点及指标	(213)
三、幅调波的频谱	(214)
四、抑制载波的双边带调幅	(215)
第三节 实现调幅的方法	(215)
一、晶体三极管基极调幅电路	(215)
二、晶体三极管集电极调幅电路	(216)
三、简单调幅发射机	(217)
第四节 振幅检波器	(218)
一、二极管振幅检波器的组成及工作原理	(218)
二、二极管检波器在实际电路中的应用	(219)
第五节 调频电路	(220)
一、调频的基本概念	(220)
二、实现调频的方法	(221)
三、无线话筒调频发射机	(222)
第六节 调频波解调电路——鉴频器	(224)
一、鉴频器的基本概念	(224)
二、离谐式斜率鉴频器	(224)
三、相位鉴频器	(225)
四、比例鉴频器	(227)
五、对鉴频器性能指标的要求	(228)
第九章 混频器	(229)
第一节 混频的基本概念	(229)
第二节 混频器的组成及工作原理	(230)
一、混频器的组成	(230)
二、混频器的工作原理	(231)
第三节 各种混频电路分析	(231)
一、半导体二极管混频器	(231)
二、晶体三极管混频器	(232)

三、简易有线电视(CATV)增补频道转换器	(234)
第四节 对混频器的质量指标要求	(235)
第五节 混频器件的参数及工作点选择	(237)
一、混频管的选择	(237)
二、元器件的安装要求	(237)
三、工作点的选择	(237)
四、对高频输入信号的振幅要求	(238)
第十章 脉冲与数字电路	(239)
第一节 数字电路概述	(239)
一、数字信号及数字电路	(239)
二、数字电路的分类	(239)
第二节 进位计数制	(240)
一、十进制	(240)
二、二进制	(240)
三、十六进制和八进制	(240)
四、不同计数制之间的转换	(241)
五、BCD 编码	(242)
第三节 逻辑门电路	(243)
一、基本逻辑运算	(243)
二、集成逻辑门	(246)
第四节 触发器	(247)
一、分立元件双稳态触发器	(247)
二、集成触发器	(250)
第五节 计数器	(253)
一、带异步置位端、复位端的 MSI 计数器	(253)
二、带异步置数端的计数器	(255)
三、带同步置数端的 MSI 计数器	(257)
第六节 译码器和数字显示电路	(258)
一、数字显示器件	(258)
二、二进制译码器	(259)
三、数字显示电路	(259)
第七节 脉冲波形的产生与整形电路	(261)
一、单稳态触发器	(261)
二、自激多谐振荡器	(264)
三、施密特触发器	(265)
四、555 定时电路及其应用	(266)
第八节 实用电路	(269)

一、与非门组成触摸锁定开关·····	(269)
二、与非门组成简易门铃·····	(270)
三、反相器组成太阳能调频无线防盗器·····	(270)
四、D触发器组成分频器和计数器·····	(271)
五、D触发器组成定时器电路·····	(271)
第十一章 直流稳压电源 ·····	(273)
第一节 整流电路 ·····	(273)
一、单相半波整流电路·····	(273)
二、单相全波整流电路·····	(274)
三、单相桥式整流电路·····	(275)
四、倍压整流电路·····	(275)
五、晶闸管整流电路·····	(276)
第二节 滤波电路 ·····	(278)
一、电容滤波电路·····	(278)
二、其他滤波电路·····	(279)
第三节 稳压电路 ·····	(280)
一、简单稳压电路·····	(280)
二、串联型晶体管稳压电路·····	(281)
三、集成稳压器·····	(283)
第四节 开关稳压电源 ·····	(294)
一、概述·····	(294)
二、基本工作原理·····	(295)
三、集成开关稳压电源设计实例·····	(299)
第五节 电子变压器 ·····	(301)
一、常用磁性材料介绍·····	(301)
二、电子变压器的分类·····	(302)
三、电子变压器的基本构造·····	(302)
四、电子变压器的工作原理·····	(304)
五、电子变压器的简易计算·····	(306)
第十二章 常用仪器仪表原理及其使用 ·····	(309)
第一节 万用表原理及使用 ·····	(309)
一、概述·····	(309)
二、指针式万用表基本原理·····	(309)
三、指针式万用表的正确使用·····	(312)
四、数字式万用表原理及使用方法·····	(314)
五、万用表对普通电子元器件的检测·····	(319)

(326)	第二节 XD2 型信号发生器	(326)
(326)	一、概述	(326)
(326)	二、使用方法	(326)
(327)	第三节 电子示波器	(327)
(327)	一、概述	(327)
(327)	二、XJ4312A 型二踪示波器组成	(327)
(327)	三、使用方法	(327)
(339)	第一章 晶体管收音机	(339)
(339)	第一节 晶体管收音机	(339)
(339)	一、晶体管收音机	(339)
(339)	二、晶体管收音机	(339)
(339)	三、晶体管收音机	(339)
(339)	四、晶体管收音机	(339)
(339)	五、晶体管收音机	(339)
(339)	六、晶体管收音机	(339)
(339)	七、晶体管收音机	(339)
(339)	八、晶体管收音机	(339)
(339)	九、晶体管收音机	(339)
(339)	十、晶体管收音机	(339)
(339)	十一、晶体管收音机	(339)
(339)	十二、晶体管收音机	(339)
(339)	十三、晶体管收音机	(339)
(339)	十四、晶体管收音机	(339)
(339)	十五、晶体管收音机	(339)
(339)	十六、晶体管收音机	(339)
(339)	十七、晶体管收音机	(339)
(339)	十八、晶体管收音机	(339)
(339)	十九、晶体管收音机	(339)
(339)	二十、晶体管收音机	(339)
(339)	二十一、晶体管收音机	(339)
(339)	二十二、晶体管收音机	(339)
(339)	二十三、晶体管收音机	(339)
(339)	二十四、晶体管收音机	(339)
(339)	二十五、晶体管收音机	(339)
(339)	二十六、晶体管收音机	(339)
(339)	二十七、晶体管收音机	(339)
(339)	二十八、晶体管收音机	(339)
(339)	二十九、晶体管收音机	(339)
(339)	三十、晶体管收音机	(339)
(339)	三十一、晶体管收音机	(339)
(339)	三十二、晶体管收音机	(339)
(339)	三十三、晶体管收音机	(339)
(339)	三十四、晶体管收音机	(339)
(339)	三十五、晶体管收音机	(339)
(339)	三十六、晶体管收音机	(339)
(339)	三十七、晶体管收音机	(339)
(339)	三十八、晶体管收音机	(339)
(339)	三十九、晶体管收音机	(339)
(339)	四十、晶体管收音机	(339)
(339)	四十一、晶体管收音机	(339)
(339)	四十二、晶体管收音机	(339)
(339)	四十三、晶体管收音机	(339)
(339)	四十四、晶体管收音机	(339)
(339)	四十五、晶体管收音机	(339)
(339)	四十六、晶体管收音机	(339)
(339)	四十七、晶体管收音机	(339)
(339)	四十八、晶体管收音机	(339)
(339)	四十九、晶体管收音机	(339)
(339)	五十、晶体管收音机	(339)
(339)	五十一、晶体管收音机	(339)
(339)	五十二、晶体管收音机	(339)
(339)	五十三、晶体管收音机	(339)
(339)	五十四、晶体管收音机	(339)
(339)	五十五、晶体管收音机	(339)
(339)	五十六、晶体管收音机	(339)
(339)	五十七、晶体管收音机	(339)
(339)	五十八、晶体管收音机	(339)
(339)	五十九、晶体管收音机	(339)
(339)	六十、晶体管收音机	(339)
(339)	六十一、晶体管收音机	(339)
(339)	六十二、晶体管收音机	(339)
(339)	六十三、晶体管收音机	(339)
(339)	六十四、晶体管收音机	(339)
(339)	六十五、晶体管收音机	(339)
(339)	六十六、晶体管收音机	(339)
(339)	六十七、晶体管收音机	(339)
(339)	六十八、晶体管收音机	(339)
(339)	六十九、晶体管收音机	(339)
(339)	七十、晶体管收音机	(339)
(339)	七十一、晶体管收音机	(339)
(339)	七十二、晶体管收音机	(339)
(339)	七十三、晶体管收音机	(339)
(339)	七十四、晶体管收音机	(339)
(339)	七十五、晶体管收音机	(339)
(339)	七十六、晶体管收音机	(339)
(339)	七十七、晶体管收音机	(339)
(339)	七十八、晶体管收音机	(339)
(339)	七十九、晶体管收音机	(339)
(339)	八十、晶体管收音机	(339)
(339)	八十一、晶体管收音机	(339)
(339)	八十二、晶体管收音机	(339)
(339)	八十三、晶体管收音机	(339)
(339)	八十四、晶体管收音机	(339)
(339)	八十五、晶体管收音机	(339)
(339)	八十六、晶体管收音机	(339)
(339)	八十七、晶体管收音机	(339)
(339)	八十八、晶体管收音机	(339)
(339)	八十九、晶体管收音机	(339)
(339)	九十、晶体管收音机	(339)
(339)	九十一、晶体管收音机	(339)
(339)	九十二、晶体管收音机	(339)
(339)	九十三、晶体管收音机	(339)
(339)	九十四、晶体管收音机	(339)
(339)	九十五、晶体管收音机	(339)
(339)	九十六、晶体管收音机	(339)
(339)	九十七、晶体管收音机	(339)
(339)	九十八、晶体管收音机	(339)
(339)	九十九、晶体管收音机	(339)
(339)	一百、晶体管收音机	(339)

第一章 绪 论

第一节 无线电的诞生与发展

夏日,仰望繁星点点的夜空,见银河耿耿,“牛郎”与“织女”隔河相望,天各一方……此情此景,不知曾勾起过多少人的离愁别绪,又引发过几多人的长嘘短叹,浮想联翩。

多少年来,生活在地球上的人类,也一直为横在他们中间的时间和空间的阻隔而发愁。天南海北,音讯难通的情景,一直持续了许多个世纪。直到无线电诞生后,人类的通信由于“骑”上了电波这个“千里马”,便使人们之间的距离大大缩短了,地球也好像一下子变小了。

如今,只要手持一个灵敏度较高的袖珍晶体管收音机,就能收听到全世界各大电台的广播;只要家中有一台全频道彩色电视机,就能收看到多种电视节目,并知道远隔千里、万里之外所发生的重大事情;只要手持一个像烟盒大小的无线移动电话,就可随时进行全球通话。无线电问世至今虽然只有一百多年的历史,但它的发展速度之快,应用范围之广,却是其他科学技术无法比拟的。从工业、农业到国防,从海洋、陆地到天空,无线电的踪影无处不在。

无线电是一门研究利用电波传送各种信息的技术学科,是无线电技术(又叫电子技术)的简称。无线电技术最早是从电报和电话等通信领域中发展起来的,以后逐渐扩展到广播、电视、雷达、遥控、遥测、计算机等许多领域。由于无线电技术在无线电通信和无线电广播、电视等领域的广泛应用,“无线电”这个名词已为大家所接受。在许多中、小学里成立了各具特色的无线电小组,在我国还成立了无线电运动协会和遍布各地的无线电爱好者组织。

无线电技术来源于电磁学,然而人类对电磁现象的认识是逐步深入的。在两千多年前,人类就发现了电现象和磁现象。我国四大发明之一的指南针,就是利用磁性材料为人类服务的典范。而人类对于电和磁的真正认识和广泛的应用,迄今还只有一百多年的历史。

大约在1600年,希尔伯特首先提出了电的存在。许多科学家继希尔伯特之后,对电和磁的现象进行了深入细致的研究,并取得了重大进展。1785年,法国物理学家库仑发现了库仑定律;1800年,意大利科学家伏特研制出了化学电池,用人工方法获得了连续稳定的电流,为人们对电与磁关系的研究创造了重要的条件。1820年丹麦物理学家奥斯特经过实验证实了电能够生磁。法国物理学家安培经过实验进一步证实了“有电流必有磁场”,即安培定律;1822年,英国的物理学家法拉第在库仑、安培等人所做大量工作的基础上提出了电磁感应定律。法拉第电磁感应定律证明了磁可以生电,这就为发电机的原理

奠定了基础。科学家们在这段时间里对电磁学基本规律所做的研究,为无线电的诞生起了重要的孕育作用。

此后,人们把电流在导线中以惊人的速度传导,而且可以传送到远处的这一现象,作为传送信息的手段,进行了种种实验。其中获得最大成功的是美国画家莫尔斯,他在前人的基础上设计出比较实用的用电码(莫尔斯码)传送信息的电报机。继电报之后,1876年,美国的贝尔发明了电话,实现了人类最早的模拟通信。在1880年以后,用有线电报和有线电话来传递信息已开始得到应用,人类从此跨入了有线电通信时代。

随着铁路和航海事业的发展,如何建立一套与之相适应的通信网就成了亟待解决的问题。英国物理学家麦克斯韦,在总结前人工作的基础上,曾预言,在电和磁的现象中,除经过导线传导的电流外,还有以光速在空间传播的电磁波,并提出了一套完整的电磁理论,表现为四个微分方程。这就是著名的麦克斯韦方程组。他虽然并未提出“无线电”这个名词,但他的电磁理论却已经告诉人们,电是可以以无线传播的。而把这一理论通过实验得到证实的是德国科学家赫兹,1887年他在实验中,发现了电波在空间具有与光相同的直线传播、反射、折射等性质。

把电磁波用于通信,成功地实现了不使用导线便可进行长距离通信的,是意大利人马可尼。由于它不需要使用导线,所以能很容易地隔着大海与外国通信,以及与海上的船舶进行通信。

后来,由于发明了电子管,大功率发射机和高灵敏度电子管接收机得以实现,使无线电广播迅速走向实际应用阶段,许多国家相继开办了广播业务。收音机开始占领家庭文化娱乐阵地,“无线电”也就成了收音机的代名词。由于录音及再生技术的发展,产生了唱片和唱机,它与电影相结合,产生了有声电影。随着这一技术的发展,便产生了磁带、录音机、磁带录像机、激光唱机等。20世纪40年代,计算机的问世以及此后它与现代通信的联袂登台,又把人类推向一个色彩纷呈的信息化时代。

第二节 电生磁与磁生电

要了解电和磁的关系,首先要认识电场和磁场。

一、电场

人们在很早以前就发现丝绸摩擦玻璃棒、毛皮摩擦橡胶棒,会使玻璃棒或橡胶棒带上电荷。带上电荷的物体,称为带电体。带电体所带的电荷多少,称为电量。人们还发现,带电体的周围存在着电场。

科学研究指出:电场是一种特殊物质。它会对放入其中的电荷发生力的作用,人们把这种力叫电场力。同性电荷互相排斥,异性电荷互相吸引。两电荷之间的作用力大小相等,方向相反。

为了比较电场的强弱,需要引入“电场强度”这个概念。电场强度简称“场强”,它是用放入电场中某一点的电荷受到电场力与它的电量比值定义的,并且把正电荷所受到力的方向,规定为场强的方向。科学研究还告诉人们:静止的电荷所产生的电场叫静电场,这句话含有另一层意思:倘若不是静止电荷,它的周围形态又是如何?这个有趣的问题,将

在后面叙述。

二、磁场

我国早在战国时期(公元前 300 年),就发现一种矿石叫磁石(或叫磁铁),具有吸铁现象。人们把这种现象叫磁性现象。凡是能够吸引铁、钴、镍等的物体叫磁铁。常见的永久磁铁有马蹄形磁铁、条形磁铁和磁针等,图 1-1(a)所示的是条形磁铁,磁铁的两端称为磁极。若用条形磁铁吸引铁粉,两端吸引最多,中间很少,说明两端磁性最强,中间磁性最弱。若将磁铁悬空挂着,使它可以自由转动,则磁铁最后一定停止在南北方向,指北的叫北极(用 N 表示),指南的叫南极(用 S 表示)。磁极在自己周围的空间产生磁场。实验表明:磁场对处在它里面的磁极产生力的作用,也就是磁场力。同性磁极互相排斥,异性磁极互相吸引。若把小磁针放在磁场中,其静止时 N 极所指的方向为该点的磁场方向。根据磁场中各点的磁场方向,可以画出一组曲线,线上每一点的切线方向与磁场方向相同,这一组曲线称为磁力线。图 1-1(b)中箭头所示方向,便是条形磁铁的磁力线方向,磁场强的地方,磁力线密;磁力线较疏的地方,磁场强度较弱。

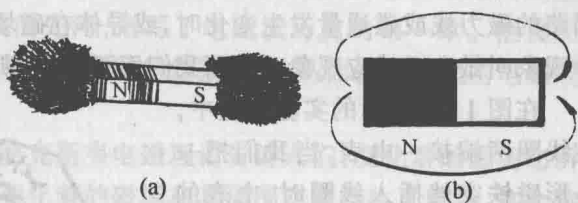


图 1-1 条形磁铁

三、电场与磁场的联系

电可以产生磁是丹麦物理学家奥斯特在一次实验中发现的。当他用化学电池给导体通上电流时,惊奇地发现放在导体附近的指南针发生了偏转;当改变电流方向时,指南针指示的方向也随着改变;当切断电流时,指针又恢复到原来的位置。这说明,在通电导体的周围存在着磁场,电和磁有着密切的联系,图 1-2 所示是奥斯特所作试验的示意图。

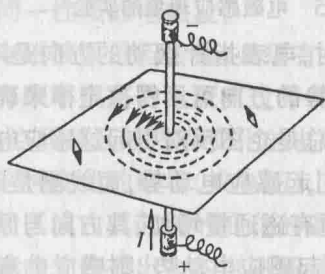


图 1-2 电流的磁场实验



图 1-3 安培定则示意图

在这以后不久,法国物理学家安培确定了通电导线周围磁场的分布状况,并提出了一个确定通电直导线周围的磁力线方向的规则——安培定则。安培定则规定:用右手握住直导线,并使大拇指指向电流方向,则其他四指所指的就是磁力线方向,如图 1-3 所示。

在无线电装置中,经常使用着各种各样的线圈。当线圈中有电流流动时,就会产生磁场。载流线圈的磁场分布情形和条形磁铁的磁场相似。通电线圈的磁力线方向仍和电流有关,而且也可用“右手螺旋定则”来确定,方法是:用右手握住线圈,使弯曲的四指指向电流绕行的方向,则伸直的大拇指所指的便是线圈内部磁场的方向,或者说,大拇指所指的

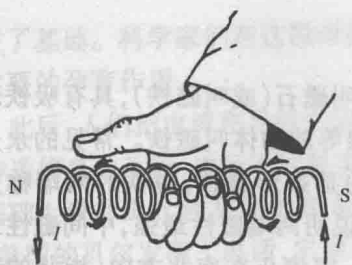


图 1-4 右手螺旋定则示意图

一端就是线圈的北极(N),另一端则是南极(S)。如图 1-4 所示。

由此可见,电流和磁铁一样能够产生磁场,当电流通过导体时,导体的周围必然会产生磁场,这一现象称为电流的磁效应,即所谓的“电生磁”。在现代生活中处处可看到这一效应的具体应用。例如:电铃、电磁铁、继电器等。

载流导体能够在它的周围产生磁场,反过来,能不能利用磁场产生电流呢?回答是肯定的。当穿过闭合回路的磁力线或磁通量发生变化时,或导体在磁场中运动时,闭合回路就有电流产生。这种现象叫做电磁感应现象。下面我们用工图 1-5 所示的装置来说明电磁感应现象。

在图 1-5 所示的实验装置中,在线圈两端接一电表,当我们把一条形磁铁突然插入线圈时,电表的指针便随着磁铁的插入而摆动。当磁铁突然从线圈中拔出时,电表的指针就向相反的方向摆动;如果磁铁放在线圈中不动,电表指针也不动。当磁铁插入或拔出时,就有磁力线穿过线圈,引起了穿过线圈的磁通量变化,因此可以得出结论:当穿过线圈的磁通量发生变化时,线圈中就产生感应电动势。

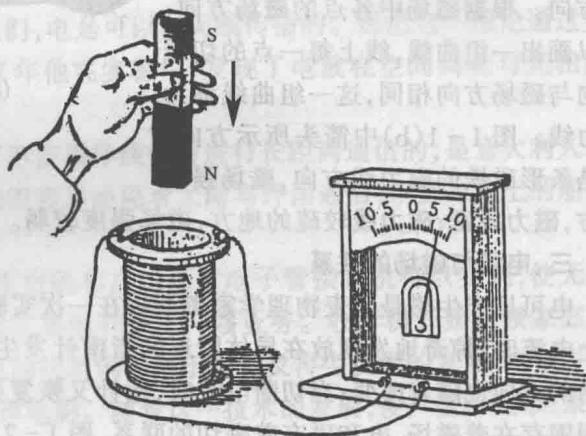


图 1-5 电磁感应现象的实验

从实验看出,磁铁插入线圈和磁铁从线圈中拔出时,电表指针摆动的方向是不同的,这说明线圈产生感应电动势的方向不一样。感应电动势的方向可用楞次定律来确定。楞次定律规定:由感应电动势产生的感应电流的磁通量,总是企图反对引起这感应电动势的磁通量变化。也就是说,如果线圈中由于磁通量增加引起感应电动势,而线圈是闭合的,就会有感应电流,感应电流所产生的磁通一定是反对原有磁通量增加,其方向与原有磁通量相反,如图 1-6(a)所示。若线圈中由于磁通减少引起感应电动势,则感应电流产生的

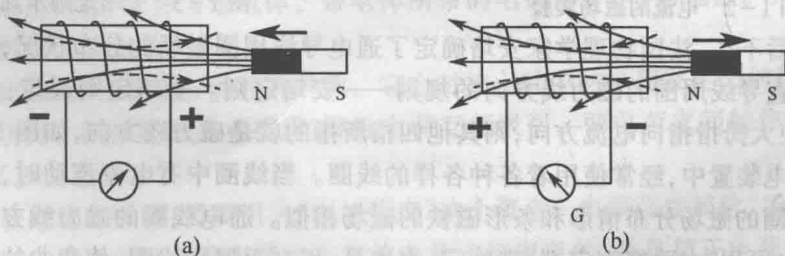


图 1-6 感应电动势的方向

磁通量一定要反对原有磁通减少,其方向与原有方向相同,如图1-6(b)所示(图中虚线表示感应电流的磁通量)。磁生电的应用也到处可以看到,如发电机、变压器等。

第三节 空中信使——电磁波

收音机收到的声音,电视机屏幕上的图像,都是由电台,电视台通过电磁波发送的。

19世纪初期,丹麦物理学家奥斯特发现了通电导线周围空间存在着磁场。后来,英国物理学家法拉第又发现了变化的磁场能使闭合回路导线中产生电流。这两个科学发现引起不少物理学家思考这样一个问题:电能产生磁,磁也能产生电,电和磁之间是怎样相互转化的呢?麦克斯韦开创了电磁波的先河,谱写了电磁波历史的第一章。他首先断定电磁波的存在,而且推导出电磁波有和光波相同的传播速度,从而揭示了光与电磁现象的本质的统一性。

那么,电磁波到底是什么东西?麦克斯韦电磁理论告诉人们:变化着的磁场之所以能在闭合回路导线中产生电流,是因为变化着的磁场在其周围空间产生了电场,这个电场使导线中的自由电子受到力的作用,沿着导线运动形成电流。如果没有导线存在,这个电场依然存在。同样,变化的电场跟电流一样,也能在它周围空间产生磁场。变化的电场和变化的磁场总是相互联系,形成一个不可分离的统一体。电磁波就是这样在空间传播的交变电磁场。或者说,电磁波就是电和磁交变的振荡和能量的传输形式。它占据空间,具有能量、动量、质量。电磁波运动同水波运动一样,所以也称为波,由于它是由电场和磁场组成的,所以叫做电磁波。

电磁波大家族中通常分为无线电波和光波。无线电波(简称电波)是一种频率较低的电磁波,一般频率在300 GHz以下($1\text{ GHz} = 10^9\text{ Hz}$)。光波是一种频率更高的电磁波,它们是同一性质的电磁波。

电磁波要进行传播,必须有一个波源,由波源提供能量,在媒质中进行传播。实际上,只要有频率很高的电流流过导线,导线周围就产生变化的磁场。根据麦克斯韦理论不难知道:空间某区域内有变化的电场(或磁场),那么在邻近区域内将引起变化的磁场(或电场);这种变化的磁场(或电场),又在较远的区域产生新的变化的电场(或磁场),……直至更远的区域内引起新的变化的磁场(或电场)。这种变化的电场和磁场的交替产生,由近及远地向外传播出去的电磁场,就是我们平时称作的电磁波辐射。图1-7是电磁波传播的示意图。从该图中可以看出:变化的磁场与由它产生的电场方向总是垂直的,而且它们又都垂直于电磁波的传播方向。

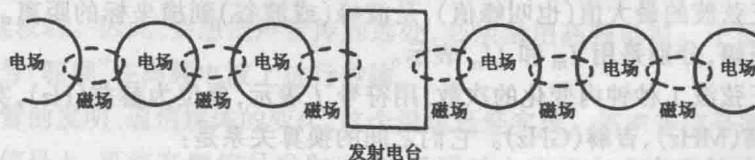


图1-7 电磁波的传播

由于各种电磁波的频率不同,所以,它们在空中以不同的波长进行传播。习惯上,将各种载有不同信号的电磁波称为无线电波。无线电波的波段划分和应用见表 1-1。

表 1-1 无线电波的波段划分和应用

波段(频段)	符号	频率范围(Hz)	波长范围(m)	应用范围
超长波(甚低频)	VLF	3~30 kHz	$10^4 \sim 10^5$ m	海上通信,海上导航
长波(低频)	LF	30~300 kHz	$10^3 \sim 10^4$ m	电报、通信、海上导航
中波(中频)	MF	300 kHz~3 MHz	$100 \sim 10^3$ m	广播、海上导航
短波(高频)	HF	3~30 MHz	10~100 m	广播、远距离短波通信
超短波(甚高频)	VHF	30~300 MHz	1~10 m	电视、雷达、移动通信、导航
分米波(特高频)	UHF	300~3 000 MHz	0.1~1 m	电视、微波通讯、雷达
厘米波(超高频)	SHF	3~30 GHz	1~10 cm	数字通信、卫星通信 雷达
毫米波(极高频)	EHF	30~300 GHz	1~10 mm	微波技术
亚毫米波(超极高频)		300 GHz 以上	1 mm 以下	微波技术

目前我国无线电广播、电视常用的无线电波的波段是:

中波广播的波段为 550~1 605 kHz;短波广播的波段为 2~24 MHz;调频广播的波段为 88~108 MHz。

电视使用的频率:分为甚高频段(VHF)和特高频段(UHF)两个频率区间。甚高频段有 12 个频道,其中 1~5 频道用 V_L 表示,频率为 48.5~92 MHz;6~12 频道用 V_H 表示,频率为 167~223 MHz。特高频段有 56 个频道,其频道范围是从 13~68 频道,相对应的频率范围是 470~958 MHz。

第四节 揭开电波信号的神秘面纱

电波信号和水波、声波、力学波很相像,但电波信号不像水波那样能看得见,不像声波那样能听得见,不像力学波那样能觉察到。正是电波信号的这种特殊的“性格”,才给它蒙上了一层神秘的面纱,使人感到神秘莫测。因此,人们在研究它的时候,为了方便起见,总是给它画个能看得见的图像——波形。图 1-8 是交流正弦波波形。

正弦波是一种规则的、起伏的、平滑的、形状不断重复且按照正弦函数规律变化的波形。它具有振幅、频率和相位三个要素。

振幅是正弦波的最大值(也叫峰值),是波峰(或波谷)到横坐标的距离。正弦波的电流与电压的振幅,分别是用 I_m 和 U_m 表示。

频率是正弦波 1 秒钟内变化的次数,用符号 f 表示,单位为赫兹(Hz),实用中还有千赫(kHz)、兆赫(MHz)、吉赫(GHz)。它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^3 \text{ kHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ GHz} = 10^3 \text{ MHz} = 10^6 \text{ kHz} = 10^9 \text{ Hz}$$

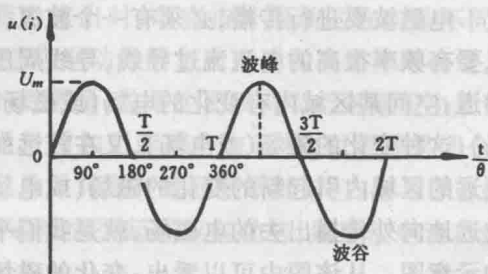


图 1-8 交流正弦波波形