

无綫电基本知識

孟昭英 馬世雄 編著
吳佑壽 楊棄疾

目 次

一章 无綫电的重要性	1
二章 波动的性質	4
一 声波和无綫电波	4
二 关于波的一些名詞	5
三 波形	8
四 頻带和頻譜	11
五 調幅与調頻	12
本章提要	14
复习題	15
三章 电学常識	16
一 靜电	16
二 直流电和欧姆定律	17
三 交流电	20
功率、效率和阻抗匹配	26
五 諧振現象	27
本章提要	30
复习題	31
四章 电子管	34
一 电子管的一般結構和种类	34
二 二极管	41
三 三极管	44
四 多极管	46

1964.12.1.6
4000228

五 电子束管和示象管	51
六 其他电子管	55
七 半导体器件	57
本章提要	59
复习题	61
第五章 电源设备	62
一 干电池组	63
二 整流设备	63
本章提要	79
复习题	80
第六章 低频放大器	81
一 低频放大器的用途	82
二 低频放大器的种类	83
三 电子管电压放大器的原理	85
四 电子管电压放大器的放大质量	89
五 低频电压放大器的种类	91
六 放大器的放大限度	93
七 电子管功率放大器	95
八 功率放大器的效率	96
九 功率放大器的线路	98
本章提要	100
复习题	101
第七章 半导体放大器	102
一 半导体和它的用途	
二 半导体是怎样导电的	
三 半导体放大管是怎样工作的	1
四 半导体放大管是怎样放大信号的	

五 共发射极半导体放大器	116
本章提要	119
复习题	120
第八章 电视	121
一 电视的用途	121
二 电视的基本原理	122
三 摄像管和显象管	126
四 怎样使图象清晰	128
五 电视的声音是从哪里来的	131
六 为什么电视要用在超高频范围	133
七 视频放大器	136
本章提要	138
复习题	138
第九章 无线电发送设备	140
一 振荡回路	142
二 自激振荡器	146
三 他激振荡器	149
四 调幅和调频	152
本章提要	154
复习题	154
第十章 无线电接收设备	156
一 矿石收音机	156
二 简单的单管收音机	165
三 再生式收音机	169
四 超外差式收音机	177
五 晶体管收音机	189
本章提要	192

复习題	194
第十一章 无綫电波的传播	196
一 电磁波	196
二 地表面波	199
三 电波在大气高层中的传播	201
四 干扰	207
五 各种波段电波的特点和应用	207
六 空气对于超短波的折射和散射	208
复习題	211
第十二章 天綫	212
一 长波发射天綫	212
二 中波广播发射天綫	213
三 中长波接收天綫	217
四 短波天綫	220
五 超短波天綫	226
六 微波天綫	230
复习題	232
結束語	233
复习題解答	236

第一章 无綫电的重要性

从19世紀末叶起，在自然科学方面有許多重大的发现和发明，无綫电是其中的一个。它在这六十多年里，对人类的生活起了非常巨大的作用和影响。

許多人对无綫电有兴趣，但是多半以为它是非常难懂的。自然，要深入地了解任何科学，都需要較長時間的学习和研究，要学习无綫电也是这样。不过，关于它的基本道理，一般人能够明白的。这里，我們就是要用日常生活中的一些事情，来叙述和解释最淺显的无綫电的道理。希望讀者通过这些介紹，对于无綫电是怎样工作的，能得到一点起碼的知識。

无綫电是近代国防建設中非常重要的部分。首先，流动的作战单位，如飞机、軍艦、潛艇、战車等，只有依靠无綫电才能进行通信。同时无綫电本身也是防御和袭击敌人的有力武器。导弹、火箭的发射和飞行，必須依賴无綫电的控制和操縱。預报敌人飞机、机群或导弹来袭的雷达情报网，也完全要利用无綫电技术。高速洲际导弹是否能够截击，目前尚未可知，将来如果可能，当然也一定是靠无綫电自动控制的反导弹。无綫电技术也可以用来偵察潛水艇。实际上，現代化軍队里的任何单位，甚至哨兵都要装备有无綫电的收发設備。所以无綫电技术应用的普遍与否，是国防現代化程度的标志。

一般人最初接触的无綫电是无綫电广播。广播是文化教育的一种有力工具。我們国家的土地是这样大，而目前大部分居民还散居在乡村，也只有无綫电广播才能够最迅速及时地把国

家的政令、重大的消息同时传达到每个角落。因此，无线电广播对于我国文化建设是有特别重大的意义的。

在交通和通信上，无线电报和无线电电话是十分重要的。国际间的通信主要是依靠无线电。在我们这样大的国家里，就是国内通信也必须部分采用无线电。假如没有无线电，可以想象得到，北京和新疆、西藏等地的通信该是多么困难。

实际上，有线电报和有线电话也采用了无线电技术。普通的电话线上，在一个时间中只能走一个电话。用无线电的方法，就可以使一组线上走十几个电话。现在已经可能在一付特别电线上同时走三千来个电话。很可能，将来近距离的电话也要用无线电和电视。

无线电在国民经济上的重要性还远不止这样。工业上也已经愈来愈广泛地采用无线电技术。许多贵重的合金要用无线电在真空中熔炼。汽车、飞机和无数的其他机器零件的加工也要用无线电。此外，它还有很多的工业上的用途。

今后，在工业生产部门中，将愈来愈大量地实行自动化，而无线电是自动化不可缺少的工具。特别是对于发展原子能的和平利用，无线电就显得更加重要了。原子能的各种应用都离不开无线电技术，原子能电力站更要用电技术去作自动的远距离操纵和控制。

无线电技术也广泛地应用于一切科学研究和量测里。如果一个实验室里没有采用无线电技术的仪器，那么，可以相当肯定地说它不是很现代化的。不仅物理、化学、航空这些实验室显然要用无线电技术，就是表面上看来与无线电比较疏远的学科，如医学、生物、农学等也都可以很利地采用它。

总之，无线电在国防、经济和文化建设中都是非常重要的。我国无线电事业是相当落后的，只是解放以后才迅速地发展起

来。在封建軍閥統治时期，拥有一架无綫电接收机就会遭受到陷害。到了国民党統治时期，虽然无綫电不是禁品了，但是它却被利用做榨取人民血汗的手段。那时的广播是被用作欺騙和毒化人民的工具。而无綫电工业則是美国商品的代銷店，即使是最簡單的小零件也都是从美国进口的。在全国解放后的十几年中，情况就完全两样了。現在，我們的无綫电广播是为人民服务的，广播的質量、技术和电力也已經大大地提高了。无綫电工业更有了本質上的改变，我們已經能够自己制造很大电力的发射机和各型的接收机了，而发展的速度更是使人惊奇的。这表明了我們人民的智慧和創造的能力，同时也証明只有在我們党和政府的领导下，人民才有可能迅速地充分發揮他們的創造性和积极性。但是以国际水平來說，我們还比較低，这需要我們今后作进一步的努力。我們希望有更多的人能够对无綫电发生兴趣，学习它，研究它，大家共同努力把它更迅速地发展起来。

第二章 波动的性質

一 声波和无綫电波

无綫电广播就是利用无綫电波，把声波从发射台“載”到接收台的过程。在无綫电学里，常講到各种各样的波——声波、放大器里或接收机里的电波、輻射到空間去的电磁波等，也講到波的发生、輻射、传播、放大、轉換等。本章講的是波的一般性質。

无論是什么波，都是随着時間和位置的不同而变动的。例如，水波就是水的位置在变动。当我们看水面的某一个点的时候，就可以看到那里的水面一会儿向上，一会儿向下。这种变动是随着時間的不同而发生的。再看那波在同一時間中各点的情形，就会看見有的地方高一些，有的地方低一些，这就是随着位置不同的变化。发出声波的各种乐器，例如鼓的皮面、二胡的弦、笛子的膜等，也都是随时随地在变化，因为变化得太快了，很难明显地看出来。

以上所举的波动是人的眼睛所能看見的。另外有些波动却不是眼睛所能看見的，但是有东西在变化是肯定无疑的。对声波來說，随时随地在变动的是空气分子。当发生声波的源，如二胡的弦和薄膜(蛇皮)振动的时候，它就帶动附近的空气分子摆动。这摆动就象水波似地向四面传播出去。在无綫电波，随時間和位置变化的是电場和磁場。电場的主要性質，就是使在电場里面的帶电物体受到力。是不是某地出現了一个帶电物体，

它四周的空間都立刻就变为电場，或某些电一有变化，它四周的电場就立刻随着变化呢？不是的。各种变化，也是象声波一样，是以一定的速度传播出去的。

在第三章中我們將要講到，电流的一个重要性質是能使它的四周发生“磁場”。磁場的性質是使在磁場里的鉄質东西和电流都受到力。当一个电流发生变化时，它所发生的磁場也是以一定的速度向四周传播出去。这和水波、声波的情况很相似。

发射天綫上有很快地变化着的电流，这电流使天綫各部的电荷也很快地变化，因此天綫四周的电場和磁場都随着变化，并且以一定的速度向空間传播出去。这就是**无綫电波**，也叫**电磁波**。

二 关于波的一些名詞

波动里的变化一般是有“**周期性**”的。仍然用水波做例子来说明吧。当我们注意看水面的某一点时，就会看见这一点的水面从低变高，达到最高点后再渐渐落下来，落到最低点以后又向上升。此后就重复以上的过程。这种周而复始的变化性質，就叫周期性。完成一个整个过程的时间叫做**周期**。水波的周期差不多是几秒鐘或几分之一秒。

在1秒鐘內，某一点振动或变化的次数叫**頻率**。显然，頻率是周期的倒数，即**頻率** = $\frac{1}{\text{周期}}$ 。頻率的单位是**赫茲**，简称**赫**。

波动里的变化不仅有時間的周期性，也有位置的周期性。看水面在同一瞬間各处的样子，就可以看到随着距离的变化，水面的位置也是从最低到最高，下降到最低后，又周而复始地变化。我們看見每隔一定的距离，波的形状差不多完全一样。这距离叫“**波长**”，就是波峰与波峰或波谷与波谷之間的距离。

常見的水波的波长大約是几个厘米。

我們看見水波按一定的**速度**进展，实际这就是以上所說的水面位置随着時間和距离的周期性变化的表現。比如，我們注目看着水面的某一个最高点，看这最高点在1秒鐘內移动了多少厘米，就是这个水波的速度。我們也可以这样計算速度：用眼睛注意看着水面的某一个地方，当这水面达到最高点时，开始算時間，到这地方的水面再度达到最高点时为止，看一共用了多少秒鐘。在这段時間里，显然水波一共进展了1个波长，而这段时间也正是1个周期。因此，水波的速度同波长和周期有以下的关系：

$$\text{波速} = \frac{\text{波长}}{\text{周期}}$$

从周期和頻率的关系，上面这个公式又可以写做：

$$\text{波速} = \text{波长} \times \text{頻率}$$

这公式对于任何波都是适用的。

有波动传播的空間的性質如果发生变化，波的进展的方向和速度都要受到影响。最常見的例子就是，当水波在传播中遇到一块大的障碍物，如一块大石头的时候，就发生**反射**；即水波从石头反射回来，象光綫从鏡子反射回来一样。**回声**就是声波遇到障碍物时的反射。无线电波在某种情况下可以从天空反射回来，我們能听到远地的短波广播，就是靠这反射作用。

了解了水波的周期性、頻率、波长、速度等以后，我們就可以把这些观念同样地用于声波和无线电波。这里我們虽然看不见那在变化的空气分子或电场和磁场，但是可以用仪器测量这些变化。它也有随着時間和距离而发生变化的周期性。

并不是一切的周期性的空气分子的振动都是我們能听得到的声波。人的耳朵所能听到的声音的頻率，大約是从20赫到

16,000赫。但是个别人所能听到的最高和最低频率并不相同，并且和年龄也有关系。年纪大些的人，能听到的最高频率比较低些，年纪小些就比较高些。调低的声音频率低，调高的频率高。例如普通男子声音的频率约是100多赫，而妇女的是200多赫。牛叫的声音，频率就低；老鼠叫的声音，频率就高。

声音在标准情况①下的传播速度，差不多正好是每秒332米(约1,000市尺)。因此，可以听到的声音的波长最长约为17米，最短约为2厘米。

无线电波的速度是非常快的——每秒300,000公里。用这速度绕地球赤道走，1秒钟可以绕 $7\frac{1}{2}$ 圈。用这速度从北京走到南京，只需要 $1/300$ 秒。这速度和光的速度是一样的。

无线电里用的波长，最长的可以到3公里以上，最短的可以是几厘米或更短。和这相应的频率是从100千赫到几百亿赫。因为所用的无线电波波长相差这么大，而不同的波长又有不同的性质，所以一般是把它分为长波、中波、中短波、短波、超短波等波段。超短波又按波长分为米波、分米波、厘米波等。

无线电波波段表

名 称	波 长 (米)	频 率
长波	长于3,000	低于100千赫
中波	200—3,000	100—1,500千赫
中短波	50—200	1,500—6,000千赫
短波	10—50	6—30兆赫
超短波：米波	1—10	30—300兆赫
分米波	0.1—1	300—3,000兆赫
厘米波	0.01—0.1	3,000—30,000兆赫
毫米波	0.001—0.01	30—300千兆赫

① 所谓标准情况是空气气压是1个大气压，温度在0°C（摄氏零度）。

三 波 形

以上只是一般地说到了波动里的变化，如空气分子位置的变化或电场的变化等。现在我们谈一谈波的变化形式的問題，也就是“波形”的問題。

还是用水波做例子来解释吧。在没有波的时候，水面是平静的。波一来时，水面就上下振动。用平静的水面的位置作为标准，受波扰动后的水面的某一点就时而向上、时而向下地移动它的位置。我们可以画一个图来看一看这位置如何随着时间在变化。在图上如何把时间表示出来呢？我们可以用距离的长短来表示时间的长短。一般都是象图2.1那样，用横线上距0点的距离表示时间，例如0点表示起始时间，其余的数字表示距起始时间的秒数。用图上纵线表示水面位置的移动。0点代表水面平静时的位置，水面这一点在某一时刻的“瞬时位置”用图上和那时刻相对应的地方、沿着纵的方向的距离来表示。例如，当时间是 $1/4$ 秒($1/8$ 周期)时，水面离开平静位置的距离是乙丙；当时间是 $1/2$ 秒($1/4$ 周期)时，水面达到最高点甲，等等。这样我们就可以画出水面随着时间变化的情形。图2.1的曲线叫**正弦形波**，这是最简单同时也是最基本最重要的波形。这曲线表示水面上的点在振动时，上下位移和时间的关系，而

不是此点在空间运动的轨迹。它有些象水波的形状。

水面位置随着距离的变化也可以象上面那样画出来。用图2.1横线上的距离表示沿着波动传播方向的距离，用沿着纵的方向距横线

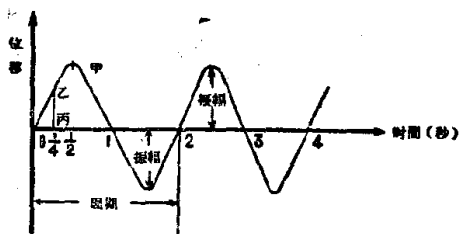


图2.1 正弦形波

的距离表示位置的移动，就可以得到位置随距离变化的曲线。这曲线表示某一瞬间的波的样子，也就是我们看见的波。当波从某一点向四面扩展时，它散布的面就愈来愈广，因此强度就愈来愈弱。

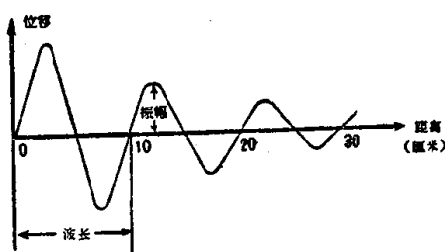


图 2.2 位移随着距离变化的波形

水波随距离变化的形状就是图 2.2 所表示的样子。

波动里最大的位移(位置的移动)叫**振幅**。波的强弱是由振幅的大小来决定的。

以上是以水波做例子来说明波形的。在许多其他的波里，它的变化不一定是人的眼睛可以看见的。例如在无线电波里，就看不见电场和磁场在变化。这些场的强度的变化也可以根据时间或距离画出来，而得到它们的波形。

一般波动里的变化可以是各式各样的，不一定是正弦形。用嘴打的胡哨的波形很近于正弦形。歌唱时 A 声(如“发”——fA 字的韵母)的波形是象图 2.3 那样的。这还是比较简单的，一般语音的波形就更复杂。实际上，同是一个音和调，两个人的声音的波形也不相同。

正弦形波之所以重要的原因之一，就是我们可以用许多频率不同的正弦形波合在一起，形成任何形状的波。图 2.3 里 A 声的波形就相当复杂，但是我们可以用许多简单的正弦形波合成这个波。如图中所示，这波的周期是 $1/100$ 秒，也就是说，它的频率是 100 赫。这样复杂波形的 100 赫的波，可以用 100、200、300、400、……900、1,000、……赫的正弦形波合成。合成时必须给予各频率适当的振幅。最低的 100 赫的正弦形波叫这波的“**基波**”，因为它是基本的频率。它的频率最小，一般地说振

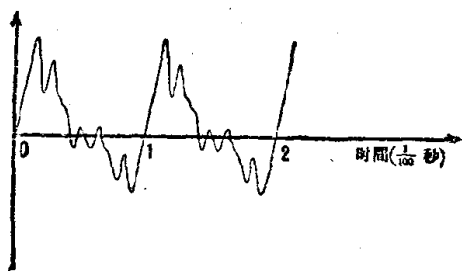


图2.3 歌唱时A声的波形

幅最大。200赫的叫“二次谐波”，因为它的频率是基波的2倍，而它同基波是和谐的。其余的300、400、……赫的叫“三次谐波”、“四次谐波”等。基波以外的都叫“高次谐波”。一般地说，很高次谐波的振幅是很小的。

决定音调高低的是基频——基波的频率。决定“音品”或“音色”的是波形。两个歌手同唱一个A的音，他们的声调可以完全相同，但是我们立刻可以分辨出声音的性质不同。这就是因为它们的基频虽然相同，但是高次谐波的相对成分却不相同。

如果我们特地把某一波形的谐波成分加以改变，就使那声音“失真”，也叫发生**畸变**（畸音基）。例如，电话机只能通过约3,000赫以下的频率，比这频率高的谐波都切掉了。这样，声音中很高次谐波就没有了。这就是电话里声音不自然和不十分清晰的缘故。有些字如“斯、岁、徐、赞、子”等字音的主要谐波成分，在较高的频率（即平常所说的尖字音）被电话机“滤”掉了，所以在电话里特别难于听清楚。普通无线电机只能通过5,000赫以下的频率，这比电话机好多了，但是声音却还是不十分自然。特别是如鼓掌声、撕纸声等含有高频率的声音，便不能和原来的相象。老式机械留声机把低的频率切掉，低频的乐音如大鼓、大提琴的低弦等就听不见了。如果把某一频率附近的谐波相对地提高，就使声音象人对着罐子讲话一样。这都叫发生了畸变。无线电接收机、发送机、放大器等都要设法尽量减小畸变。

无线电里所用的载信号的高频电磁波的波形，非常近于正

弦形，只是它的振幅或頻率随着声音变化而已。关于不同波长的无线电波的发生、放大、幅射、传播等問題，留在后面适当的地方再講。

四 頻帶和頻譜

信号都是由許多頻率不同的波所組成的。一定信号的組成波的頻率有一定的范围。这范围叫做这信号的頻帶。例如人耳对于从約20赫到10千赫的振动敏感，因此声波的頻帶是10千赫，即从20—10,000赫。但是某一定的声音只是在这頻帶里的某些頻率上有振动，在上一节的例子里就是100、200、300……等赫，而在一个乐队演奏时，任何时候的声音就有更复杂的組成成分。我們說这些組成頻率形成一个頻譜。显然頻譜是时常在变化的，但是这信号的頻帶則永远保持不变。

为了保持音品不变我們必須保持原頻譜里的一切成分相对不变。如果我們把頻譜的某一部分去掉，就发生失真。不过因为在5千赫以上的頻率里一般声音的能量已經变得很小，去掉它并不严重地影响音品。这就是說为声頻的重演可以把頻帶从10千赫减低到5千赫。一般的广播台的标准就是如此，而为电话傳輸則可以把頻帶削減到2—3千赫。这虽对了解語音不起大的影响，其音品就有較大的失真了。

电视的頻帶寬度更大。在后边第八章“电视”里將講到，“扫描”一場用的時間是五十分之一秒，而兩場才組成一幀，所以电视信号的最低頻率是25赫。电视图象在縱的方向分为625行。若每行分为800个点，这800个点可以看做是400个亮的、400个暗的，这就相当于400个波。因此一幀里就約有250,000个波。一秒鐘里既然要放25幀，所以一秒鐘里就有約6百万个波，也就是說視頻的帶寬約为6兆赫。加上伴音等信号，电视信号

的总寬度要求有6.5兆赫。比起广播里的声頻的帶寬来,这是要寬出千倍来的。

五 調幅与調頻

前章講到无綫电波必須經過信号的調制,变为已調波以后才发射出去。究竟是調制什么呢?未調的无綫电波是什么样子呢?調制了以后有什么变化呢?

未調的无綫电波是正弦波。它有恒定的振幅和頻率。这波是用以“載”信号的,因此也叫“載波”。載波既然是简单的正弦波,它的頻譜里就只有一个頻率。要通过它只需要很窄的頻帶寬度。不过这样的波是不能传递信号的。

最简单的調制方式是电报里常用的断續調制,即当电鍵按下去的时候,就有无綫电波发射出去;电鍵拾起来时,就沒有发射。原来是一直不間断的波經過这样断断續續地調制以后,它就不再是严格的正弦形波了。正弦形波的振幅是永远不变的,鍵控調制以后实际上是調了幅的波,因为它的振幅随着時間变化。这时它的頻譜也不是简单的一个頻率了。它的頻譜有一定的寬度,这寬度随着鍵的速度而改变。比如自动发报时拍发得很快,波的頻譜就也比较寬。

无綫电广播里采用的一般是調幅,即使載波的振幅随着信号的波形来变化。图2.4(1)示未調幅的无綫电波,图2.4(2)示用以調制的信号波,而图2.4(3)是調制以后的无綫电波。这图上的虛綫只是为了指出已調波的振幅是与調制波相似而画入的。經過分析可以証明已調波的頻譜除了載波的頻率外还有許多“旁頻”。这些旁頻等于載波的頻率与調制波的頻率的和(相当于方位相同时的加强)或它們两个的差(相当于方位相反时的消抵)。調制波既然本身有一个頻譜,已調波就有由上下两个旁頻