



自然科学小丛书

# 声纳 雷达 激光雷达



物理学

北京人民教育出版社

自然科学小丛书

# 声纳 雷达 激光雷达

陶望平

北京人民出版社

74 三字 0432412

自然科学小丛书

**声纳 雷达 激光雷达**

陶望平

\*

北京人民出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷三厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 2.375印张 35,000字

1974年4月第1版 1974年4月第1次印刷

印数：1—309,000册

书号：10071·26 定价：0.17元

## 编 辑 说 明

为了帮助广大工农兵和青少年学习自然科学知识，更好地为社会主义革命和社会主义建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合三大革命斗争实践，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合广大工农兵和青少年阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

## 目 录

- 一 什么是声纳、雷达和激光雷达?..... (1)
- 二 揭开波的秘密 ..... (3)
  - 从水面上的波纹谈起(3) 音叉产生的音波(5)
  - 波的特性(6)
- 三 声纳、雷达和激光雷达怎样测定目标的位置、  
距离、方向和速度? ..... (8)
  - 怎样测定目标的位置?(8) 怎样测量目标的距  
离?(9) 怎样测量目标的方向?(11) 怎样测  
量目标的速度?(12)
- 四 优秀的海中“侦察员”——声纳 ..... (13)
  - 声纳的特点(13) 怎样发射和接收超声波?(14)
  - 声纳的结构(16) 声纳在国防上的用途(17) 声  
纳在国民经济中的用途(19)
- 五 国防的眼睛——雷达 ..... (21)
  - 雷达的诞生(21) 雷达的结构(23) 雷达为什么  
采用超短波?(24) 雷达指示器和电子射线管(26)
  - 在防空体系中(29) 雷达帮助对付导弹(34) 侦  
察和跟踪洲际导弹(35) 什么是雷达网?(37) 雷  
达的第二代——相控阵雷达的出现(38) 什么是  
超视距雷达?(42) 导航的眼睛(45) 气象探测的  
新助手(45) 雷达和宇宙航行(46) 向遥远的空

间进军(48)	
六 后起之秀的多面手——激光雷达 .....	(49)
原子和发光现象(49) 光和原子之间的作用(51)	
激光的特点(55) 能量集中的细波束和全息术在	
激光雷达中的应用(57) 奇妙的激光器(59) 激	
光雷达的应用(63) 激光雷达的优点和缺点(67)	
七 结束语.....	(68)



## 一 什么是声纳、雷达 和激光雷达？

声纳、雷达和激光雷达主要是在国防中应用的侦察武器。在茫茫的汪洋大海中，敌人潜水艇在何处，就必须用声纳寻找；在万里晴空中，敌人导弹和飞机在哪里，就必须用雷达侦察。至于激光雷达，目前已广泛应用于地面近距离和宇宙航行中精确测位，它在国防中应用的潜力，到目前还不能充分估量。声纳、雷达和激光雷达在国民经济中也有重要的用途。

声纳是英文缩拼字的音译，原意是“声音导航和测距”。声纳是在第一次世界大战期间发明的，从那时以来一直是海军侦察潜水艇的有效工具，后来又应用到测量海深和发现鱼群等方面。

雷达也是英文缩拼字的音译，原意是“无线电侦

察和测距”。它是在第二次世界大战前两年发明的。雷达主要用来侦察敌人的飞机和导弹从空中的偷袭，引导飞机和船舰的航行，在天文、气象的观测中也有广泛的应用。

激光雷达也叫做“莱塞雷达”，或“同相光定位器”，它是从英文字（Laser Radar）激光和雷达两字组合而成的。激光雷达是在一九六二年才出现的，它已用于近距离目标的精密测距和宇宙航行的测位。

目前，声纳、雷达和激光雷达的研究和应用，在我国已经获得很大的发展，特别是在国防事业中起着日益重要的作用。

声纳是利用超声波工作的，雷达是利用无线电波工作的，激光雷达是利用激光工作的，总之，它们都是利用物理世界中的“波”而工作的。它们的用途都是为了侦察和测量目标的位置，有时还要测量运动目标的速度。伟大领袖毛主席教导我们：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。”因此，为了理解声纳、雷达和激光雷达的工作原理，就必须首先知道波的本质和测量目标位置方法的共同点。



下面我们从揭开波的秘密谈起，接着介绍声纳、雷达、激光雷达的原理，并着重谈谈它们在国防上的应用。

## 二 揭开波的秘密

声纳、雷达和激光雷达都是利用波来工作的，那么，波到底是什么呢？其实波并不是什么神秘的东西，波是我们时时刻刻感受到的。例如我们耳朵听到的是声波；眼睛看见的是光波；收音机和电视机所接收到的是无线电波，我们就生活在波的世界里。

### 从水面上的波纹谈起

水波大概是人们最常见到的波了。把石头投入水中的时候，波纹沿着平静的水面向四周成圆形前进，一部分升起，另一部分下沉，整个水面呈现着波纹的形式（图1）。波动的水面一方面作上下摆动，一方面把

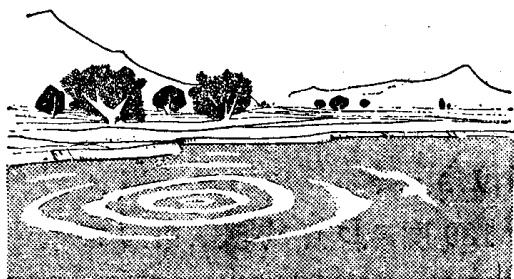


图1 水面上的波纹

波的运动向四周传播开来。波的一个最主要的特点，就是它能够传播。在白天我们能够看见物体，就是因为太阳的光波照射到地球的物体上，经过反射以后传播到我们的眼睛里。我们能够听到声音，也是因为声波能够从发声的地方传播到我们的耳朵里。

波还有一个重要的特性，就是具有波长。波的高升点叫做波峰，波的下降点叫做波谷，两个相邻的波峰或波谷之间的距离就叫做波长（图 2 左）。

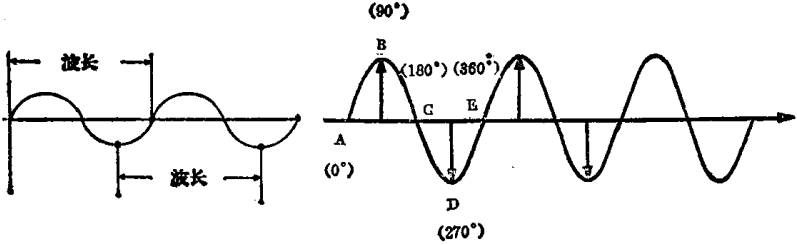


图 2 波长（左）和波的相位（右）

要完善的说明波，除了波长外，还需引入幅度和相位的概念。幅度指振动着的波的最大值，如图 2 右中 B 与 D 等都表示波的幅度。所谓相位是用从 0~360 度之间的角度来表示，例如在图 2 右中，A 点的相位角为零，B 点的相位角为 90 度，C 点的相位角为 180 度，D 点的相位角为 270 度，E 点的相位角为 360 度。在这个波长的范围内，其他各点也都有相应的相位角。相位的概念在后面提到的相控阵雷达和激

光雷达中是十分重要的。

波长的长短是由产生波动的振源振动的快慢来决定的。例如，把一个小石块吊在线上去搅动水面，如果石块上下运动的速度非常快，水面上产生的波纹就多，而它的波长就会短些。相反，如果把石块上下搅动的速度放慢些，水面产生的波纹就要少些，但是，它的波长却变长了。不但水波是这样，声波、光波和无线电波的波长的变化，也都是这样。在无线电技术中，振源一般叫做振荡器或发射机。声纳、雷达和激光雷达都有由振荡器组成的发射机，产生波并且把波发射出去。

### 音叉产生的音波

在物理课的教学仪器中，有一种叫做音叉。当它受到敲击以后，音叉臂就会振动起来。现在来看图 3 所示的音叉右臂，它先向右振动，把它的右方的空气压缩，形成密层。这种密层不是停留在原处，而是向空气中传播开来。当音叉臂向左振动的时候，在它的右边

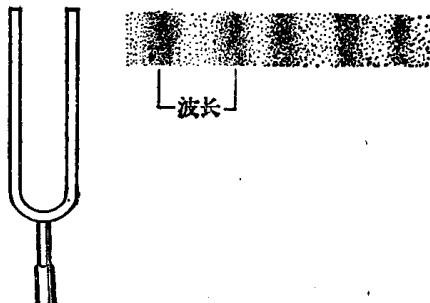


图 3 音叉和它使空气形成的疏密层

又产生了空气的疏层,这个疏层也不是停留不动的,而是随着压缩的密层传播开去。如果能够看见空气的疏密层,那么在音叉开始振动以后,可以看到如图 3 上方的空气疏密层的分布。密层或疏层的间隔就是波长。

如果同时敲击长短不同的音叉,就会发现,臂长的音叉振动慢,产生的波长较长;臂短的音叉振动快,产生的波长较短。音叉每秒钟振动的次数,和上面所谈的石块在每秒钟上下搅动的次数,都叫做频率。

由水面波纹和音叉的振动这两个例子可以知道,频率越高,就是振动得越快,产生的波长就短;频率越低,就是振动得越慢,产生的波长就长。因此频率和波长成反比例。对于波来说,说它的频率很高,或者说它的波长很短,含意是一样的。频率所指的每秒钟振动多少次,在无线电技术中就叫做多少周(或称多少赫芝)。

## 波 的 特 性

科学实验告诉我们,声波在空气中传播的速度是不随波长的变化而改变的,在正常的天气和温度下,每秒钟为 340 米。光波和无线电波都是电磁波,传播的速度也不随波长的变化而改变,每秒钟为 30 万公里。声纳、雷达和激光雷达要测量目标的距离,都要求

预先知道这个波的速度，由这个速度再推算出距离来。

不论声波或无线电波，当波长改变到一定的数量级的时候，就会引起质变，使波的特性发生很大的变化。例如当声音的频率提高到每秒钟两万周以上的时候，我们的耳朵就听不到了，这种波叫做超声波。又如当无线电波的频率提高到每秒钟一万亿周左右的时候，就进入光波的区域了。

声纳、雷达和激光雷达为了要测定目标方向，必须把波聚成很细的波束，它们都有一个发射波的装置；工作原理和探照灯聚光原理类似，都有一个反射器和一个辐射源。不论哪一种波，要想把它聚成很细的波束，所用的反射器，尺寸都必须比波长大几倍到十倍以上，在雷达中甚至需要达到波长的几十倍到几百倍。由于我们听得见的声音的波长在几十厘米到几米之间，而声纳的反射器不能做得很大，因此声纳只能利用波长为几厘米的超声波。在雷达中也是这样，雷达所用的无线电波的波长在几米到几毫米之间，在无线电技术中叫做超短波或超高频。无线电广播和通信用的无线电波的波长一般在几十米到几百米，不能用作雷达的发射波。

波还有一种特性，就是当它遇到目标的时候，目标的尺寸比波长越大，产生的反射波也就越强，这是

声纳采用超声波和雷达采用超短波的另一个原因。

### 三 声纳、雷达和激光雷达 怎样测定目标的位置、 距离、方向和速度？

#### 怎样测定目标的位置？

声纳、雷达和激光雷达测定目标位置的方法基本上是相同的。只要说明其中一种，其他两种也就容易

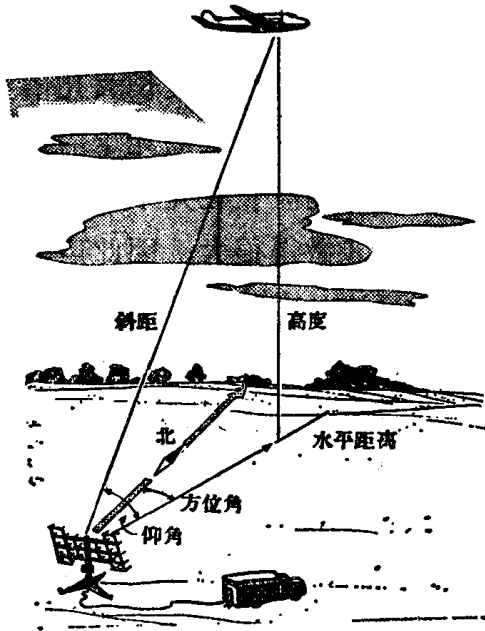


图4 雷达测定目标的位置

理解了。图4表示雷达测定飞机位置的情形。从图中可以看出，要测量飞机的位置，必须测出一个斜距和两个角度——方位角和仰角。斜距是雷达和飞机之间的直线距离。以北方为标准，飞机所处的方向和这个方向之间

的夹角叫做方位角；飞机的斜距和水平面之间的夹角叫做仰角。简单说来，声纳、雷达和激光雷达的任务就是测定目标的一个距离和两个角度。在声纳、雷达和激光雷达中，有时还要求测量运动目标的速度。

### 怎样测量目标的距离？

我们知道，声波、电磁波和光波传播的速度都是一定的。声波传播的速度叫做声速；电磁波由于和光波的传播速度相同，所以，它们的传播速度都叫做光速。因此，如果能测量出声纳、雷达和激光雷达所发出的波在遇到目标以后再反射回来的时间，那么根据物理学公式“距离等于速度乘时间”，就可以算出距离来了。这可以用回声的例子来说明。

不少人会有这样的经验，如果向远处的山峰大喊一声，那么，过一会儿便能听到回声（图5）。回声是声波的反射现象。声波以每秒340米的速度向山峰前进，等到碰着山峰被阻挡住以后，便朝发声的方向反射

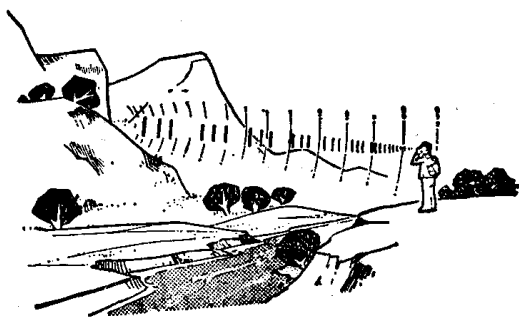


图5 利用山峰的回声测量距离

回来。如果声源距离山峰比较远，声波要行走比较长的路程才能返回，回声就来得晚；如果声源距离山峰比较近，声波行走比较短的路程就能返回，回声就来得快。要是用精确的计时仪器，测量出从发声到听见回声的这段时间，然后再乘以声波速度（每秒钟340米），就可以算出发声地点和山峰之间的来回距离了。例如有人向远处的山峰喊了一声，在12秒钟以后听到了回声，那么声波所走过的总路程就是12乘340米，也就是4080米。由于声波是一来一回的，因此这个数字的一半——2040米就是声源和山峰之间的距离。

远在一九〇四年，国外有个科学家就曾经多次试验利用声波来测量距离，他曾经坐着气球上升到空中，向地面大声叫喊，过了10秒钟以后，收到了清晰的回声，由此计算出气球位于1700米的高空。



图6 蝙蝠利用超声波发现障碍物

中，向地面大声叫喊，过了10秒钟以后，收到了清晰的回声，由此计算出气球位于1700米的高空。

在自然界中，蝙蝠也能利用超声波发现前方有没有障碍物。它用嘴发出超声，用两只耳朵接收回声



(图6)。它还能利用这个方法捕捉虫子。海里有许多动物，例如海狮、海豚和鲸鱼等，也能利用超声波发现目标。

### 怎样测量目标的方向？

声纳、雷达和激光雷达测量目标的方向，在具体方法上虽然千变万化，但是，它们的基本工作原理却是相同的，和探照灯寻找飞机方向的方法一样。在夜间，探照灯把光聚在一起，能够按方位角和仰角向各个方向旋转，向夜空发出细圆的光束，照到敌机以后，就一直跟踪照射，那时探照灯光所指的方向就是目标的方向。目标的方位角和仰角很容易从探照灯光所指的方向测量出来。

为什么探照灯一定要把光聚成一个细圆束呢？这一方面是为了集中灯光的亮度，使目标更容易被发现；另一方面是为了从灯光所指的方向，得到目标的方向。可以设想，如果探照灯的光线是向各个方向均匀照射的，即使你从亮光里找到了目标，也是无法测量出它的方向来的。

为了测量方向，声纳、雷达和激光雷达也都要把波聚成细圆的波束，它们发射波的装置和探照灯有些类似，都有一个反射器和一个辐射源，这是它们共同