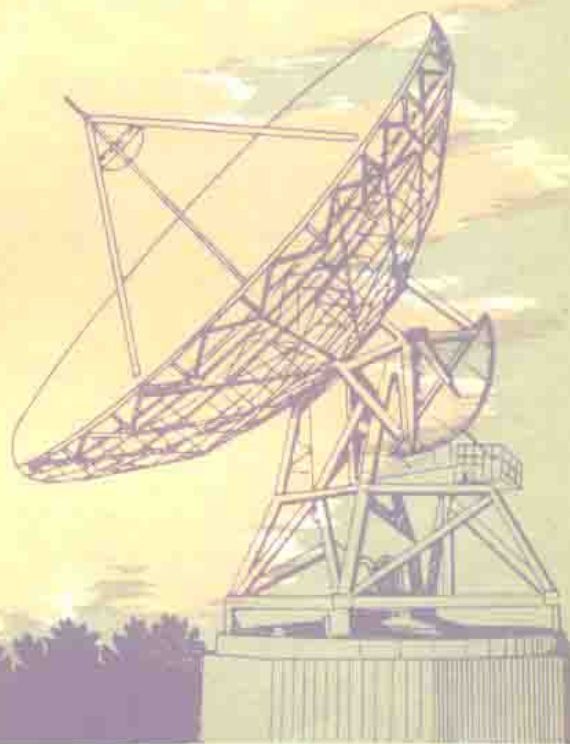


雷达

陶潜平 编著



雷 达

陶望平 编著

青 州 出 版 社

1978

内 容 简 介

本书对雷达的工作原理和结构，它在国防上和国民经济中的主要用途，并重点地对新技术的发展和新型雷达——超远程雷达、超视距雷达、脉冲压缩雷达、单脉冲雷达、侧视雷达、相控阵雷达，以及雷达的数字化、小型化和固体化等，加以简明地叙述。本书还介绍近代雷达中的干扰与反干扰的作用和发展概况，讨论新型的电子战装备和电子侦察卫星的作用。最后，对激光雷达的特点及其各种应用加以说明。

本书通俗易懂，适合具有初中文化水平的工农兵和学生阅读，是一本科普性的读物。本书也可供在这方面工作的有关人员作为参考性读物。

雷 达

陶望平 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978年2月第一版 开本：787×1092 1/32

1978年2月第一次印刷 印张：5 3/8

印数：0001—59,200 字数：100,000

统一书号：15031·168

本社书号：992·15-7

定 价：0.38 元

毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

前 言

伟大领袖毛主席教导我们：“人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。”“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”本世纪三十年代出现的雷达，为无线电电子学的应用开拓了十分广阔的新型技术领域。现在，它在国防上的应用，以及国民经济中各个方面的应用，占有极为重要的地位。尤其是近十年多出现的相控阵雷达（被称为雷达的第二代），它集中了三十多年来雷达、自动控制和计算机等新技术发展的成果，成为七十年代国防上发现和跟踪人造卫星、导弹及超音速飞机等快速目标的重要侦察和测量武器。在六十年代初出现的激光技术，使雷达的工作波段扩展到光波领域，因而近年来雷达应用的范围和场合更加扩大。激光雷达现已成为近代雷达的一个重要类型，它的重要性日益增加。

为了普及和推广雷达技术，把1966年科学普及出版社出版的《雷达》通俗小册子，根据读者的一些宝贵意见和当前七十年代雷达技术的发展，重新修订出版。在这本小册子中，对雷达的工作原理和结构，它在国防上和国民经济中的主要用途，并重点地对新技术的发展和对新型雷达——超远程雷达、

超视距雷达、脉冲压缩雷达、单脉冲雷达、侧视雷达、相控阵雷达,以及雷达的数字化、小型化和固体化等,加以简明地叙述。此外还阐述近代雷达中的干扰与反干扰的作用和发展概况,讨论新型的电子战装备和电子侦察卫星的作用。本书最后,对激光雷达的特点,及其各种应用加以说明。

由于编者水平有限,书中缺点和错误是难免的,热忱欢迎广大读者提出宝贵意见。在本书修订过程中,不少读者提出修订意见,前后共收到一百多条,大部分在改编中已被采纳,编者在此谨表示深切感谢。

目 录

前言	v
一 雷达的出现	1
二 雷达的基本任务	4
雷达怎样测距离	5
雷达怎样测速度	7
雷达怎样测方位和高度	8
三 雷达工作的无线电波	12
无线电波的频率和波长	12
雷达工作在超短波波段	14
雷达的作用距离	16
超短波的产生和传送	17
四 雷达的结构	24
脉冲雷达的工作时间	24
雷达的指示器	25
雷达的组成	31
五 国防的眼睛	33
雷达帮助我们对付敌机	33
雷达制导地对空的防空导弹系统	41
雷达制导空对空的导弹系统	45
雷达使轰炸机轰炸命中率提高	47
用途繁多的机载雷达	50
引信雷达使炮弹命中率提高	53

雷达——海军的瞭望哨兵	55
雷达——舰上火炮和导弹的操纵者	57
高速导弹快艇及其雷达装置	60
如何区分敌我目标和雷达在空降部队中的应用	64
防御洲际弹道导弹系统中雷达的作用	65
陆军中小型雷达的应用	67
空防预警系统	70
六 近代新型雷达	73
增大雷达作用距离的超远程雷达	73
发现部分轨道式轰炸武器的超视距雷达	78
提高目标距离分辨力的脉冲压缩雷达	82
提高测角精度的单脉冲雷达	86
使雷达图象分辨力提高的侧视雷达	91
雷达的第二代——相控阵雷达的出现	93
发展迅速的雷达数字化	100
雷达的小型化和固体化	102
七 雷达的干扰和反干扰	106
怎样侦察敌方雷达	107
怎样对雷达进行积极干扰	108
怎样对雷达进行消极干扰	110
雷达的反干扰	113
新型的电子战装备——电子对抗飞机和反雷达导弹	114
从电子间谍飞机和间谍船到电子侦察卫星	117
八 雷达在国民经济中的用途	119
雷达和航空	119
雷达和航海	125
雷达和气象	126
雷达和测地学	127

射电天文学——宇宙的无线电“窗口”	129
雷达天文学和利用流星通信	131
雷达和卫星通信	134
雷达和宇宙航行	137
九 激光和激光雷达	140
激光及其特性	140
激光器及其类型	143
激光雷达的原理和结构	145
激光雷达的应用	150
激光和激光雷达用于反洲际弹道导弹	155
结束语	160

一 雷达的出现

雷达技术出现在二十世纪三十年代的中期，在第二次世界大战中得到了广泛的应用。当时，工业生产技术的发展，科学研究和科学实验方面的许多成果，都为雷达技术的诞生创造了必要的条件。毛主席深刻地指出：“**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。**”无线电电子学和雷达技术的发展就是这样的。

数千年来，劳动人民在生产实践中积累了丰富的关于光学、电学和磁学的基础知识，1864年，一个英国的物理学工作者麦克斯威尔在总结前人生产实践经验的基础上，提出了一个光和无线电波都是电磁波的论点，并计算出无线电波的传播速度和光速相同。光能反射、聚焦，无线电波也具有同样的特性。但当时由于技术条件的限制，他没有能在科学实验中加以证明。

1888年，德国的另一物理学工作者赫芝，利用电极的火花振荡放电得到了无线电波。他证明这种无线电波的确和光一样，能够传播并能被金属板所反射，但是，他却认为不可能用它来通信和作其他用途。直到1895年，在俄国的波波夫发明了无线电波接收的通信机件，并发现船只对无线电波有反

射现象之后，才预见到有可能利用这种现象来发现肉眼所看不到的目标。

在第一次世界大战后，由于飞机速度的逐渐提高，国防上迫切地需要能在距离很远的地方发现敌机的测量工具。雷达就是在这样的历史条件下诞生和发展的。

我们知道，在第一次世界大战中，速度最快的侦察机飞行速度是每小时 220 公里，轰炸机的飞行速度每小时只有 130 公里。到第二次世界大战前夕，歼击机的飞行速度已经达到每小时 550 公里，几乎接近声音速度的一半；重轰炸机的飞行速度每小时也在 400 公里以上。第一次世界大战中，发现敌机的方法是用耳听飞机的响声。例如，那时在英国伦敦就专有听觉特别灵敏的盲人，负责侦闻敌机的来向。后来，又用听音器的大喇叭口侦察敌机的声音，灵敏度要比人耳强得多。

一般地说，人耳或听音器只能侦察敌机的粗略方向，不能测量它的距离。如果要道知它的距离，还得借助于光学测距仪。但是，当飞机的速度增加到接近音速一半时，用听音器听和光学仪器看，困难就大了，因为听音器能收听的距离很短，一般不超过二、三十公里，而且当飞机的声音达到听音器时，飞机又飞过了数公里，这就会有很大的测量误差（如图 1 所示）。利用光学仪器测定目标位置时，由于飞机飞得高，飞得快，只有在目标距离很近，天气较好时才能应用，在恶劣气候和晚间是根本不能工作的。

从雷达出现的历史来看，雷达就是在第二次世界大战前夕，为了防空的需要而研制发展起来的。雷达是利用无线电波

在飞机上的反射而工作的，由于空气中无线电波的速度比音速要快 80 多万倍，即每秒达到 30 万公里左右，因此用它测量飞机距离时，不致引起上面提到的由于音速太慢而产生那么大的误差。而且，雷达还能在气候恶劣的情况或晚间工作，雷达的作用距离那时已达 200 多公里，比光学仪器要远得多了。



图1 防空听音器在收听到飞机的声音时，飞机已飞过了数公里，存在很大的误差

在第二次世界大战末期，出现了喷气式飞机和早期的导弹。到了六十年代初，喷气式飞机的速度达到音速的二倍，洲际导弹终端速度为音速的 20 倍左右。在五十年代初研制的雷达能侦察和跟踪速度接近音速的飞机，但是由于快速目标的出现，雷达能否搜索和跟踪导弹等快速目标，又出现了新的问题。在这种情况下就出现了雷达的第二代——相控阵雷达，它能够圆满地解决这个问题，而且逐步地成为雷达中的一种主

要类型。正如毛主席教导的：“**客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。**”随着阶级斗争、生产斗争和科学实验的发展，雷达技术也在实践中不断地进步和发展着。

在解放前，我国是没有雷达和无线电基础工业的。解放后，在毛主席革命路线的指引下，在中国共产党的领导下，社会主义建设事业蓬勃发展，蒸蒸日上，尤其是我们取得了无产阶级文化大革命的伟大胜利，广大工人、革命干部和革命技术人员积极响应毛主席的伟大号召“**抓革命，促生产，促工作，促战备。**”他们破除迷信，解放思想，自力更生，艰苦奋斗，使我国的雷达技术和无线电基础工业得到了新的发展，加强了国防建设，打击了帝、修、反的侵略活动。

二 雷达的基本任务

雷达是外文译音，它的原文意义是无线电定位。无线电定位，就是利用无线电波测定目标（如空中的飞机、导弹，海中的船舰和陆上的城市、铁路枢纽站等）的准确位置。自1957年后，由于出现速度超过音速20倍以上的洲际导弹，因此又要求雷达能对导弹的速度、角速度、角加速度和目标形状以及是否转动等进行测量，同时推测导弹发射场的位置、着弹点坐标，并分辨真假导弹头等。目前，雷达还用来精密测量人造卫星的轨道和它的速度。

雷达怎样测距离

怎样利用无线电波测定目标的准确距离呢？我们首先看看实际生活中常见的现象。在群山怀抱的峡谷中，一个人向远处大吼一声，那么稍停一会便能听到从四面八方传来的回声。回声是声波反射的现象，喊出的声音以每秒大约 330 米的速度向山峰前进，等到碰着山峰，就被反射回来。如果山峰离得较远，声波行经的路程长，回声就来得晚；如果山峰的距离较近，回声就来得快。用精确的计时仪器，测量从发声到听到回声的这一段期间（例如是若干秒），乘以声波的传播速度（每秒约 330 米），就是发声地点和山峰之间的来回距离。由于声音是一来一去的，这个来回距离的一半，就是发声地点和山峰之间的距离。登山运动员就常用这种方法，估计远方山峰的距离（如图 2-1 所示）。

自然界中的某些动物，利用波的反射来侦察运动前方有无障碍物或其他动物。例如蝙蝠就有它自己定位的“雷达”。它白天睡觉，夜间出来飞行和寻找食物。它在空中忽上忽下

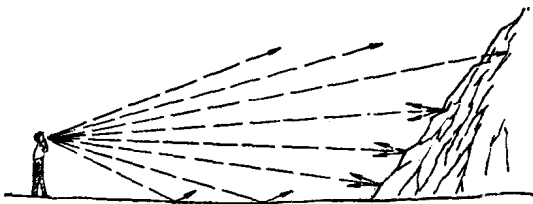


图 2-1 登山运动员利用回声确定距山峰的距离

兜圈子,陡然改变飞行方向——这不是在耍杂技,而是在追猎夜蛾、蚊子等昆虫。过去很多人认为蝙蝠的眼睛能够在夜间观察,但事实上并不是这样。在200年前,有一个人曾拿蝙蝠作过试验,他使蝙蝠失去视觉和嗅觉,并让它在一间安着很多线、线上挂着铃的房间里飞翔。奇怪,蝙蝠一次也没有碰着线和使铃响动。这个秘密直到1942年,才被科学工作者所发现。蝙蝠所只能够安全飞行,并不是靠它的眼睛,而是靠它的嘴巴和一双大耳朵。原来蝙蝠在飞行时,嘴里发出频率每秒为25,000到70,000次振动的超声波并且利用超声波的发射和接收,来躲避障碍物和捕捉食物。蝙蝠的这种超声波是人类无法听到的。人的听觉只能听到频率为每秒16到20,000次振动的声波。蝙蝠在飞行时发出的超声波是断续的,短短的叫一下,停一下,再叫一下,每秒钟约叫30次左右,靠近障碍物时约叫60次左右。当嘴里发出的超声波遇到障碍物时,它

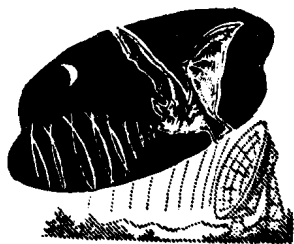


图2-2 自然界中的“雷达”：
蝙蝠利用超声波的发射和接收，躲避障碍物和捕捉食物

能从回波知道障碍物的性质、方向和距离,从而躲避障碍物和捕食(如图2-2所示)。对于蝙蝠的这些了解,不仅使我们知道自然界存在着“雷达”,而且能够利用六十年代新成立的一门学科——仿生学,来认识蝙蝠有机体的优异功能,可能为新设计的雷达系统和为雷达抗干扰装置所借鉴。

海里有许多动物,例如海狮和海豚等,也能利用超声波发现目

标。

雷达测距原理和上述声波的反射相同,不过,雷达发射的是无线电波,它的传播速度和光速一样。由计算发射波和回波一来一去的时间,就能确定远在数百公里以外飞机目标的位置。近年来试制成功的超视距和超远程雷达,则能测定远在几千公里外的导弹目标。

雷达怎样测速度

用雷达测速度的原理,我们也可以拿生活中常见的例子来说明。当火车鸣着汽笛向你开来时,笛声不但越来越响,而且音调越来越尖。鸣着汽笛的火车远离我们而去时,汽笛声逐渐变轻,而且音调也在逐渐降低。声音的变轻与声音音调的高低是两种不同的概念。我们知道声音是由物体的振动而产生的,要使胡琴上的弦发出声音,必须用弓来拉,使弦振动。用的力大,弦振动的幅度就大,发出的声音也就响一些。在拉胡琴时,左手指沿弦自上向下滑动,使振动的弦线变短,那么每秒振动的次数会渐渐加快,这时听起来音调就升高变尖,在物理学中叫做振动的频率在增高。音调高的声音频率较高,听起来就尖一些;音调低的声音频率较低,听起来就低沉一些。鸣着汽笛的火车向我们开来时,距离越来越近,声音也就越来越响;同时汽笛发声的频率和火车的速度有关,速度越快,频率增加得越多,这就是我们听到汽笛声音调变尖的原因。这种运动着的发声物体,由于具有速度而使声音频率改变的现

象,叫做“都卜勒”现象。这种现象在声波中有,在无线电波和其他波动过程中也有。只要波的辐射源与观察者有相对运动,那末观察者所接收到波的频率就会不同于辐射源所发射出的波的频率。

当雷达测量运动目标时(例如测量飞行中的飞机和导弹),反射后的无线电波由于受到目标本身运动的影响,它的频率也会改变。频率改变的数值与运动速度成正比,根据无线电波频率改变的多少,就可以算出目标运动的速度。这个频率的变化量叫都卜勒频移。目前,雷达就是利用“都卜勒”效应来测量目标速度的。这种方法也是目前测量导弹、人造卫星和宇宙飞船速度的最精确的方法。

至于加速度的测量,则是在测量上一秒钟和这一秒钟的速度值以后,再算出一秒钟内速度的改变值而推算的。只要连续的测出速度,加速度也就能计算出来,这往往在雷达中用计算机把它算出。

雷达怎样测方位和高度

上面所说的是测量目标的距离和速度,但是要测量物体在空间的位置,除了距离以外,还必须知道它的方位角和高度(或仰角,知道仰角和斜距后,可利用直角三角形的三角关系算出高度)。见图 2-3。方位角以北向为基准,仰角以斜距和水平线之间夹角为准(仰角又称高低角)。一般雷达只能同时测定其中两个坐标:即方位和高度,或距离和高度,也有距