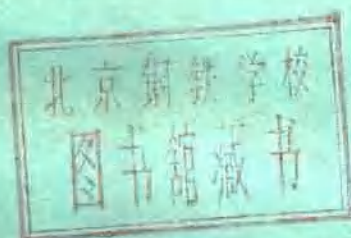


知识丛书

雷 达

陶望平编



雷 达

陶 望 平 编

《知识丛书》編輯委员会編

一九六六年·北京

雷 达
陶望平 编

*

科学普及出版社出版

(北京市西直门外三里河路2号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第112号

北京市通县印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

开本 787×960 1/32 印张 2 $\frac{3}{4}$ 字数 27,000

1960年5月第1版

1960年5月北京第1次印刷

印数 21,500 定价 0.20 元

总号 146 统一书号 15051·009

目 次

一	雷达的出現	5
二	雷达的基本任务	8
	雷达測距离	8
	雷达測速度	9
	雷达測定方位和高度	10
三	雷达用的无綫电波	14
	无綫电波的周率和波长	14
	雷达工作在超短波波段	15
	雷达的作用距离	17
	超短波的产生和传递	19
四	雷达站的結構	23
	脉冲雷达站的工作時間	23
	雷达的指示器	24
	雷达站的組成	30
五	国防的“眼睛”	32
	雷达帮助我們对付敌机	32
	雷达帮助我們对付导弹	35
	引信雷达	39
	雷达帮助提高命中率	40

雷达助海軍一臂之力	42
雷达网	42
六 雷达的干扰和反干扰	44
怎样侦察敌方雷达	44
对雷达进行干扰	45
雷达的反干扰	48
略談美制 U-2 型間諜飞机	49
七 雷达在国民經济中的用途	50
雷达和航空	50
雷达和航海	53
雷达和气象	54
雷达和測地学	55
射电天文学	56
雷达天文学	59
雷达和星际航行	62
八 雷达技术的新发展	65
增大作用距离, 提高精确度	65
使雷达变小变輕	68
扫描得快, 算得快	70
光量子雷达	71
結束語	74

一 雷达的出現

雷达技术出现于二十世纪三十年代，而在第二次世界大战中得到了广泛的应用。在此之前，生产技术的发展，科学研究和实验方法的许多成果，都对雷达技术的出现起了推动作用。

1864年英国物理学家麦克斯威尔提出一个论点，即光和无线电波都是电磁波，并计算出无线电波的传播速度和光速相同。光能反射、聚焦，无线电波也有同样的特性。但是，他沒有能在科学实验中加以证明。

1888年，德国的赫芝利用电火花的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，但是，却认为不可能用它来通信和干别的事情。直到1895年，俄国的波波夫发明了用无线电通信的机件，并发现了无线电波的反射现象，才肯定这种现象可以用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，国防上急需能在距离很远的地方发现敌机的工具。雷达就是在这样的背景下诞生

的。

从雷达出现的历史来看，可以说它是为了防空的要求而发展起来的。我们知道，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，而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人耳听飞机的响声。例如，那时在英国伦敦就专请听觉特别灵敏的盲人，负责侦听敌机的来临。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。如果要知道它的距离，还得借助于光学测距仪。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，实际上已很困难。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，飞机又过了数公里，这就势必造成很大的测量误差。利用光学仪器测定，由于飞机飞得高，飞得快，在天气好时已不易得到正确的结果，更不要说在恶劣的天气和晚间

了。

由于无线电波的速度比音速要快80多万倍,因此用它测量飞机距离时,不致引起上面说的那种误差。而且,雷达又能在气候恶劣的情况或晚间工作,作用距离和测距精确度都比光学仪器强得多。

二 雷达的基本任务

雷达是外文译音，它的正确名称应该是无线电定位。无线电定位的意义，就是利用无线电波测定目标(如空中的飞机、导弹，海中的舰船和陆上的城市、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、角加速度和目标反射特性进行测量，从而推测导弹发射场的位置、着弹点坐标，并分辨真假弹头。因此雷达的任务增多了。

雷达测距离

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，一个人如果向远处大吼一声，那么稍停一会便能听到从四面八方传来的回声。回声是声波的反射现象，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，就反射回来。如果山峰离得较远，声波要行经较长的路程才能碰到它，这时回声就来得

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段时间（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。这个数目的一半，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，近似地估计远方山峰的距离。

雷达工作的原理和声波反射相同。不过，雷达发射的是无线电波。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的目标的位置。近年来试制成功的超远程雷达，则能测定远在几千公里外的导弹目标。

雷 达 测 速 度

关于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。如果你细心体察一下，就会发觉当火车鸣着汽笛向你开来时，响亮的笛声将越来越尖。这说明我们听到的汽笛声的频率在增加，因此音调会高。如果是鸣着汽笛的火车远离我们而去，我们也会发觉汽笛声的音调逐渐降低。这说明声音的频率在降低。这个运动着的发声物体，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。

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。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。

雷达测定方位和高度

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(以正北方向为零度)和高度(或仰角)。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。近代由于高速飞机的出现,已研制成同时能得到三个坐标的雷达。

用雷达测量目标方位角和仰角的方法有很多种,最常用的一种是和探照灯照准敌机的方

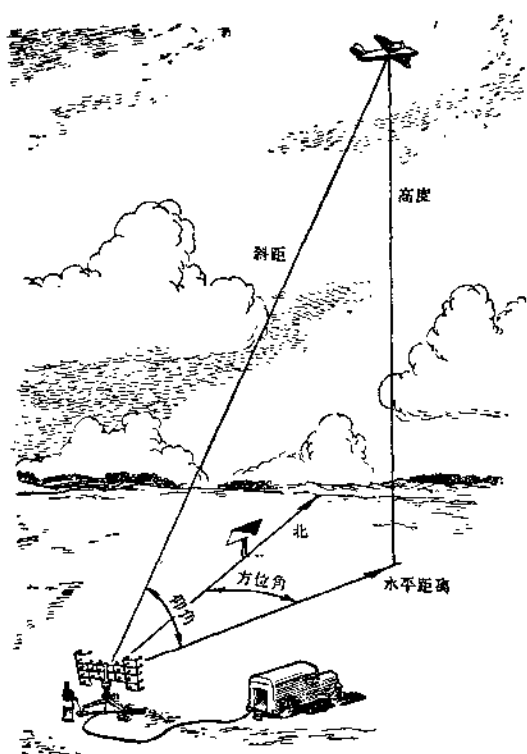


图 1 雷达确定目标的方位角和仰角

法类似。

探照灯有一个抛物面反射器，在反射器前方的焦点上安装有炭精棒，通过强大电流时，炭精棒便发出眩目的强光。雷达和探照灯一样，它的天线也有一个反射器，有的是一个平

面，有的是一个抛物面；在反射器前面的焦点上，装有无无线电波的发射源，无线电波从这里发射出来，投到反射器上，再由反射器聚成一个细窄的波束照射到天空中去。这个波束好比是探照灯的光束，用于寻找空中的目标。雷达的天线也能按方位角和仰角方向转动。当波束找到目标时，天线就指向目标并跟踪住了，此时天线所指的方向，就是目标的方向。

探照灯为什么要把光聚成细小的光束呢？这是因为一方面可把光在某一方向大大地加强，便于找到距离更远的飞机；另一方面是光束射到了目标，由光束的方向即可确定目标的



图 2 探照灯的光束(左)和雷达的无线电波束(右)

方向。如果光是各处漫射的,那么,即使发现了目标还是不能测出它的方向。由于雷达测向原理与此相同,因此雷达的发射电波也是聚成细圆束的波束。

三 雷达用的无线电波

无线电波的周率和波长

在收听无线电广播时，常可听到播音员在报告：“本台的周率是……千周，波长是……米。”这里所谓周率又叫频率，也就是指无线电波在每秒钟内振动多少次。比方说，中央人民广播电台的某一周率是900千周，就是说这个电台所发射的无线电波每秒钟振动900,000次。无线电波每振动一次所进行的距离，叫做波长。如果说，某电台的波长为333.3米，那就是说无线电波每振动一次，就前进了333.3米。

由于无线电波的向前行进速度(传播速度)是已知的——和光速相等，即 3×10^8 米/秒，因此无线电波的波长、周率、传播速度的关系，可用下列关系说明：

$$\text{波长} \times \text{周率} = \text{传播速度(光速)}$$

无线电波每秒钟振动的次数用周、千周或兆周作单位，1千周等于 10^3 周，1兆周等于 10^6 周。根据上述公式的关系，每一个周率的无线

电波相应的有一个波长。以周率来分，无线电波有低频、中频、高频和超高频之分。以波长来分。有长波、中波、短波、米波、分米波、厘米波和毫米波之分。下表是不同的无线电波的名称及其波长与频率的关系。

无线电波的波长和频率

名 称	波 长	频 率
长 波	8,000米以上	100千周以下
中 波	3,000—50米	100—6,000千周
短 波	50—10米	6,000—30,000千周 (即30兆周)
米 波	10—1米	30—300兆周
分米波	10—1分米	300—3,000兆周
厘米波	10—1厘米	3,000—30,000兆周
毫米波	1厘米以下	30,000兆周以上

一般都把从米波至毫米波的波段称为超短波。而一般雷达都工作在超短波波段。当然，近代也有少数供特殊用途的毫米波雷达，工作波长为8毫米左右。此外，近年来有光雷达出现，工作波段在红外线与可见光线相接近的波段。

雷达工作在超短波波段

雷达为什么要工作于超短波波段呢？为什么不能象广播工作在中波或短波段呢？这是一

个十分重要的问题。

雷达只能工作在超短波波段，是由雷达工作原理决定的。我们知道，雷达是借无线电波在目标上的反射而工作的。而波的反射有这么一个规律：目标的大小比起波长来越大，则反射越强。因此，无线电波的波长越短，在飞机或其他目标上的反射就越强。

其次，为了要测量目标的方向，雷达往往要求无线电波束越细越好。这是为什么呢？这是因为波束越窄，雷达就越能分辨出两个靠得近的目标。而无线电反射器的大小与波长之比越大，得到的波束才能越细；但天线一般装置在飞机、船舰或汽车上，不能造得太大，所以，也不得不用超短波。

最后，雷达必须用超短波是与高空的电离层有关的。在距地面 100 公里至 400 公里左右的高空中，有一层厚达数百公里的电离层。短波的无线电通信，往往依靠电离层的反射而使通信距离增加到数百数千公里。但是，电离层的反射对雷达工作来说是有害的。因为从 100 公里外高空反射来的信号，往往会被误认为是飞机的反射。怎样解决这个矛盾呢？经过许多研究知道，无线电波的频率在 30 兆周（即波长为 10 米）以下，电离层就会对它产生反射；但