

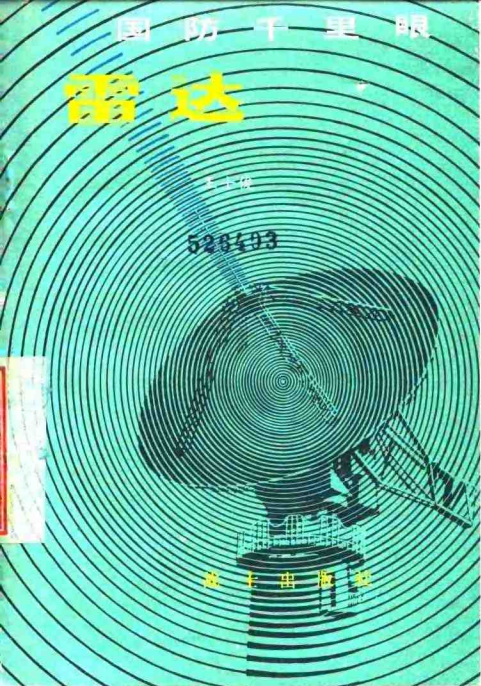
国防千里眼

雷达

上册

528493

电子工业出版社



526403

TN95-49/01

军事科技知识普及丛书

国防千里眼 雷达

王士俊

HK39/07



C0165439

战士出版社

一九七九年 北京

封面设计：金 时

插 图：黄启荣

军事科技知识普及丛书

国防千里眼——雷达

王士俊

战士出版社出版

新华书店北京发行所发行

七二二八工厂印刷

787×1082毫米 32开本 4印张 58,000字
1979年10月第1版 1983年3月福州第3次印刷

目 录

一、什么是雷达？	1
千里眼的秘密——波的反射	2
千里眼的“联络员”——无线电波	8
千里眼的波段——超短波、微波	13
二、雷达由哪些东西组成？	15
产生电波的金属棒——振子	15
无线电波的能源——发射机	17
定向发射的装置——雷达天线	21
极其灵敏的“耳朵”——雷达接收机	30
异常奇特的秒表——雷达显示器	32
三、雷达是怎样工作的？	37
一部最简单的雷达	37
通观全景的平面显示器	40
目标方位距离的测量	44
不断俯仰天线的测高	48

四、有哪些军用雷达?	52
地面防空雷达	55
机载雷达	75
舰载雷达	95
陆军雷达	97
五、雷达有些什么弱点?	103
看不到的地方——存在盲区	105
难以克服的缺陷——易被侦察	110
先天性的毛病——易受干扰	113
自然界的影晌——气象限制	119

一、什么是雷达？

在我空军某情报中心和作战指挥所的大型标图屏上，一个个亮点，清晰地显示出敌人活动的情况。这些情况表明，五百公里以外，敌人的轰炸机群正向我国境线飞来，距我国境仅六十公里。为了防止敌机侵入国境对我实行突然袭击，并歼灭入侵之敌，我空军指挥员立即下令某基地的歼击机起飞迎敌，并把敌人当时所在的位置(方位、距离、高度)和动向(航行、速度等)报告上级指挥机关。两分钟后，军内外有关部门也接到了通报，作好了一切反空袭的准备。

是哪个神通广大的侦察员，这么准确、迅速、及时地获得了千里之外敌机动向的情报呢？真应该给他记上一大功！原来，这是我们的国防千里眼——雷达的功劳。

千里眼，这一古代神话中的幻想，随着近代科学技术的发展，已经由雷达把它变成了现实。目前，

雷达能看到目标的距离何止千里?！有的大型雷达已经可以看到 5000 公里以外的导弹。这已经不是什么千里眼，简直是“万里眼”了！

雷达，从外观上看对许多人来说，已经不是很陌生的东西。有的同志在电影或画报上看到过它，有的同志还或远或近地直接见到过它。雷达给人的初步印象，往往觉得它是一个外形奇特的“怪物”。它们有的象几块大瓦片，有的象一口大锅，有的象一个蜘蛛网，有的象几排鱼骨，真是五花八门，样样都有。它工作起来，呼呼地转个不停，象个“电磨”一样。这样的“怪物”为什么能看得这么远呢？它的“眼睛”在哪里呢？它怎么能那么准确，那么快的知道几百甚至几千公里以外敌人飞机活动的情况呢？这些，就是这本小册子想要告诉大家的事情。

千里眼的秘密
——波的反射

雷达能起到千里眼的作用，它的秘密并不难揭开，它的基本道理也不深奥，在我们日常生活中是屡见不鲜的。我们不妨先看几个例子，也许对于揭开千里眼的秘密会有所帮助。

比如，在一个伸手不见五指的漆黑夜晚，你用

手电筒去找一件东西。手电筒射出一束光，这束光遇到了各式各样的东西，就会从这些东西的表面反射回来。这些反射回来的光，被你的眼睛所接收，你就会看见这些东西的具体形象并判断出它们是什么东西，在什么位置上，是不是你想要找的那件东西(图1)。这一过程，用技术术语来说，就叫“对目标的搜索和探测”。

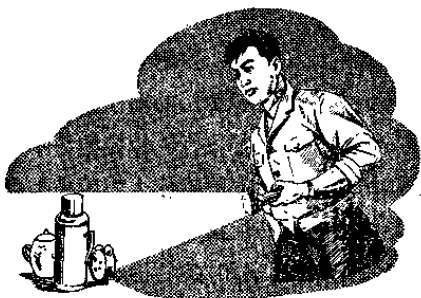


图1 光的反射使我们能看到东西

又比如，夏天的黄昏，我们可以看到许多蝙蝠从黑暗的岩洞或房舍里飞出来觅食，蝙蝠捕捉昆虫的灵活性和准确性是非常惊人的(图2)。其实，蝙蝠的视力极差，它几乎是个“瞎子”。可是它不靠眼睛怎么能捕到食物呢？有人做过这样一个试验，他

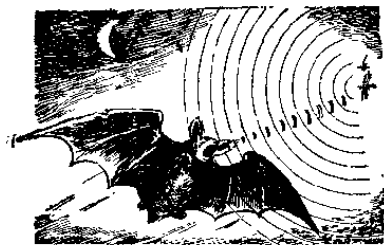


图 2 蝙蝠用超声波探测目标

使蝙蝠失去视觉和嗅觉，并把它放在一个挂着很多绳子，绳子上拴着很多铃铛的屋子里。可是蝙蝠在这样的屋子里照样正常飞行，铃铛始终不响，它一次也不撞到绳子上。它是靠什么东西来捕食和防止撞在障碍物上的呢？生物学家们经过研究，发现蝙蝠有一种特殊的“搜索和探测目标”的本领。他一边飞，一边喊。喊出来的声音是一种人耳听不到的断续的“超声波”。这种超声波传到蝙蝠飞行前方的物体上，被物体反射回来。蝙蝠的耳朵接收到这些反射回来的“回波”，就可以辨别出前方是障碍物还是可以饱腹的飞虫，以便决定自己是避开它还是猛扑上去。我们通常把蝙蝠的这种探测目标的方式叫做“回声定位”。

还可以举一个例子来说明探测目标距离的方法。登山运动员想知道前面的一个悬崖，离他有多远。他面对悬崖，大吼一声，过一会儿，就听到了从悬崖反射回来的“回声”（图3）。他用秒表测得从



图3 登山运动员用回声测量距离

他开始吼到听到回声之间相隔3秒钟。我们知道，声音传播的速度是每秒钟约340米。3秒钟，声音走了 $3 \times 340 = 1020$ 米。但是，声音是在登山运动员和悬崖之间往返走了二倍的距离。因此，悬崖离登山运动员的距离为1020米的一半，即 $\frac{1}{2} \times 1020 = 510$ 米。

我们可以把上面计算的过程，用一个公式表示出来，即：

距离 = $\frac{1}{2}$ × 声音传播的速度 × 声音往返这段距

离所需要的时间。

用手电筒找东西，蝙蝠捕食，对悬崖测距看起来是三种不同的“搜索和探测目标”的方法。但我们可以从这里找出一些带规律性的东西来。

第一，你想要搜索和探测某种目标，你必须要有个“联络员”。这个“联络员”能够从你那里出发跑到目标那里，并能从目标那里返回来（反射回来），以便把目标的情报（位置、动向等）向你汇报。这个“联络员”在上面三例中，分别是光（或叫光波）、超声波和声音（或叫声波）。

第二，你必须要有派出这种“联络员”的“机构”（上三例中分别为手电筒、蝙蝠的嘴和登山运动员的嗓子）和能够收到并听得懂从目标返回来的“联络员”向你汇报情况的器官（上三例中，分别为人的眼睛、蝙蝠的耳朵、登山运动员的耳朵）。

雷达搜索和探测目标的方法，与上三例中所列举的方法是极其相似的。所不同的是，雷达要看到的是千里以外的目标，所以就要找一位本领特别高超的“联络员”。象前面三例中的三位“联络员”都是

不够条件的。譬如光，它虽然具有跑得快（每秒钟能跑三十万公里）的优点，但遇到云雾弥漫，它就止步不前。即使把手电筒做得象探照灯那么大，也透不过浓雾密云。至于超声波和声波，更不可能长途跋涉往返于千里之遥。

那么，具备哪些条件才能充当千里眼的“联络员”呢？那就是：跑得快、跑得远，能穿云破雾，风雨无阻，能被目标反射回来的东西。

目前，具备这些条件，够资格当千里眼“联络员”的只有一样东西——无线电波。

远离首都北京的边防战士，可以用收音机几乎同时听到中央人民广播电台的播音，甚至非洲、拉丁美洲也能收听到我国国际电台的广播，这说明无线电波能跑得非常远，又跑得特别快。它的速度和光速一样，每秒钟可以跑三十万公里。世界上没有任何别的东西能跑得比它快。它基本上不受气象条件的影响，它看不见、摸不着，不用专门仪器就发现不了它。再一个很重要的特点，就是它碰到各种物体时，会产生强弱不同的反射。金属物体对无线电波的反射特别强烈。其他物体，随着它们导电性能的好坏，也会对无线电波产生强弱不同的反射。

导电性能越好，反射就越强。

雷达就是采用无线电波作为它与目标之间的“联络员”的。因此，也可以说，雷达就是一种靠发射和接收无线电波来搜索和探测目标的设备。

作为军事上的应用，雷达所要搜索和探测的对象，主要是飞机、导弹、军舰、火炮等武器。为了叙述方便起见，我们就把这些东西通称为“目标”。

至于雷达二字，从字面上来看，它是完全没有意义的。雷达一词是个外来语。它是根据英文名词音译过来的。英文名词的原意是“无线电探测和测距”的意思。雷达有时也叫做“无线电定位”。

千里眼的
“联络员”
——无线电波

我们知道了雷达是利用无线电波来搜索和探测目标的。是不是象我们听广播用的那种无线电波或者别的任

任何一种无线电波都能用于雷达呢？不是的。无线电波有很多不同的“品种”。无线电波的“品种”是用频率或波长来区分的。雷达所用的无线电波，它的频率要比广播用的高得多，或者说，它的波长要比广播用的短得多。

什么是无线电波的频率和波长呢？为了便于理

解，我们可以做一个小小的实验。在一个平静的水池中，用一块小木块(也可以是别的什么东西)上下连续地搅动水面，你就会看到一圈一圈的水波向四周传播开来(图4)。我们把一圈圈水面隆起来的地



图4 平静的水面上激起了水波

方叫波峰；水面凹下去的地方叫波谷(图5)。如果你凝目注视其中的某一个波峰的话，你就会发现它是以一定的速度由水波的中心向外扩展的，这个波峰向外跑的速度，就叫做水波的传播速度。我们把相邻两个波峰之间的距离叫做波长。把木块每秒钟上下搅动的次数叫做频率。

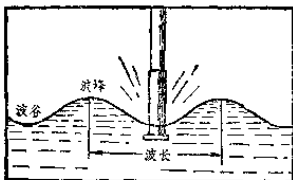


图 5 波峰、波谷和波长

显然，每秒钟出现波峰的数目(频率)，乘上相邻二波峰间的距离(波长)，就是某一波峰每秒钟往外传播的距离(波的速度)。所以，

$$\text{波的速度} = \text{频率} \times \text{波长}$$

无线电波是在空间传播的，不象水波那样可以在水面上形象地看到，但它在传播时，同样也会在空间产生波峰和波谷。我们把相邻两波峰在空间的距离，叫做无线电波的波长；把空间任一点上每秒钟出现波峰或振动的数目，叫做无线电波的频率。而无线电波传播的速度等于光的传播速度，它是不变的。它等于每秒钟三十万公里。也就是每秒钟传播 300000000 米。所以，对无线电波来说：

$$\text{频率} \times \text{波长} = 300000000 \text{ 米/秒}$$

上式表明，无线电波的频率与波长之间，存在

着固定的关系。频率越高，波长越短；反之，频率越低，波长越长。

我们拿起收音机，就可以看到刻度板上刻着频率和波长的相应刻度(图6)。波长以公尺为单位，

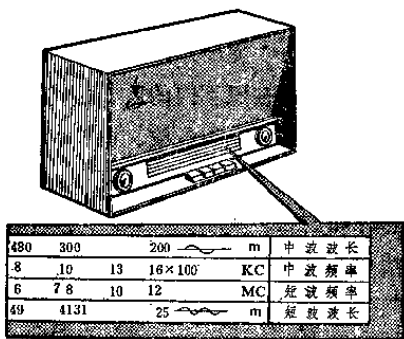


图6 频率越高，波长越短

频率是以多少“赫芝”或多少“周”来表示的，这是频率的单位。每秒振动一次叫做一赫或一周。但通常是以千周(千赫)和兆周(兆赫)来表示，为什么要用千周(千赫)、兆周(兆赫)这么大的数字来表示呢？这是因为在水中要产生水波，每秒钟搅动几次木块就可以了，而要在空间产生无线电波，可不那么容易。它除了要有“搅动着的木块”那样，能够在空间

激起无线电波的专门机器外，还要求这种“搅动”很快。每秒钟“搅动”不超过几十万次，在空间是产生不了无线电波的。

为了使用方便，把每秒钟振动1千次，叫做1千周（1千赫），用KC表示；把每秒振动一百万次，叫做1兆周（1兆赫），用MC表示。

无线电波就是按照不同的波长范围（相应地不同的频率范围）来区分为长波、中波、短波、超短波和微波等不同“品种”的。下表是各类不同无线电波的名称和波长、频率的关系。

无线电波的波长和频率

名 称		波 长	频 率
长 波		10000~1000米	30~300千赫
中 波		1000~100米	300~3000千赫
短 波		100~10米	3~30兆赫
超短波（米波）		10~1米	30~300兆赫
微 波	分 米 波	10~1分米	300~3000兆赫
	厘 米 波	10~1厘米	3000~30000兆赫
	毫 米 波	1~10毫米以下	30~300千兆赫