

凌翔 主编

让枯燥的术语更形象 让冰冷的装备更生动

图解军事术语

MILITARY TERMINOLOGY

(上)



雷达技术



光电系统



信息技术



战略战术



制导武器



航空科技



陆战装备



海军装备



化学工业出版社

凌翔 主编

让枯燥的术语更形象 让冰冷的装备更生动

图解军事术语

MILITARY TERMINOLOGY

(上)



雷达技术



光电系统



信息技术



战略战术



制导武器



航空科技



陆战装备



海军装备



化学工业出版社

· 北京 ·

《图解军事术语》一书以简练的文字和形象的图表来解析军事术语。书中的大部分术语贴近现代军事技术，代表了当前军事科技的发展趋势，也是广大军事爱好者普遍关注的。本书是《图解军事术语》的上册，包括雷达技术、光电系统、信息技术、战略战术四篇。

本书内容详略得当，图片丰富，广大军事爱好者和专家学者都可阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

图解军事术语. 上 / 凌翔主编. -- 北京 : 化学工业出版社, 2015.1

ISBN 978-7-122-22385-2

I. ①图… II. ①凌… III. ①军事科学-名词术语-图解 IV. ①E-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 273278 号

责任编辑：徐 娟

装帧设计：龙腾佳艺
封面设计：张 辉

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号）
印装：北京瑞禾彩色印刷有限公司
710 mm×1000 mm 1/12 印张 20 字数 400 千字

邮政编码 100011
2015 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定价：88.00 元

版权所有 违者必究

走进高精尖兵器

21 世纪的科学技术，用“突飞猛进”来形容，一点也不为过，而军事技术可谓是现代科学技术的“排头兵”，所以，军事技术的发展也当然是日新月异的。

军事技术日新月异的结果就是高、精、尖兵器的层出不穷。高是指高技术；精是指精确、精密；尖则是指尖端、顶尖。现在几乎天天有高精尖兵器的诞生，就是专家也看不清这些“新伙伴”的庐山真面目，或者也常常知其然不知其所以然。

正因为专家学者也可能会在一些新兵器面前茫然不知所措，所以，我们组织国内军事科技一线的专家、学者和军事爱好者一起编写了这套《图解军事术语》，目的是让普通人看后能加深对很多兵器的了解，让专家学者看后能够有所启发，激发灵感。

能够让普通百姓尤其是青少年学生对高精尖军事技术一目了然，是有一点难度的。不过，尽管难度不小，通过努力也是能够做到的。正如中国高精尖武器的开拓者钱学森所说：“再尖端的科技都是一个又一个简单的科学原理叠加而成。”实际上，纵观高精尖军事技术，也确实是由一个个普通的科学道理串接、并接或者交叉叠加而成。只要我们学会用身边的事物“打比方”，任何新兵器都能解释得一清二楚。正像上个世纪 50 年代，钱学森对一群几乎没有上过多少学的普通士兵解释防空导弹时举的例子那样：“防空导弹就像有眼睛的大手榴弹，它能跟着飞机追，然后钻到飞机里炸掉飞机。”

我们也企图像钱学森那样。他能带着一群没见过导弹的人研制成功导弹，我们希望从来不了解武器装备的人，看了这套书，也能够对武器装备有个初步了解，这是我们的目的，也是本书编写者们的一致追求。编写人员中也包括一些年轻的军事爱好者，具体是王强、郝瑞元、郝长城、郝伟欣、惠树伟、郑凯波、丁永霞、马秀敏、吴俊彦、杨向、于朋超、张志贤、李晓勃、要静、李雷刚、韩日增、李开明、



宋丹丹、王玉刚、王凯志、王金文、王计春、高杰、张雪、王立健、张诚、张永光、张永胜、贾广、贾谦剑、王清、李帅帅、冯晓晓、林培林、张金花等，我们邀请他们参加的目的就在这里。

我们的另外一个目的，就是希望高精尖武器的研制者和使用者能够从这套书中获得一些有益的启发。现代武器装备的研制、使用者学历不低，很多人都是博士、硕士。但现代的博士，所了解的知识点并不“博”，其研究的领域甚至越来越专业。我们盼望他们在钻研专业的业余或闲暇，能够从其他武器的原理上获得启发，为我所用，从而使自己研制或使用的兵器技术含量更高，杀敌制胜的本领更强。

当今，有着古老文明的中华民族正在追踪高科技的道路上埋头奋起，以无畏的创造精神和严谨的科学态度，探索一条中国化的强军之路，为壮大国防而努力拼搏。我们编写这套《图解军事术语》，正是为奋起的人们鼓点劲，加点油。今后，我们将根据未来军事科学技术的发展进程，适时对这套书进行修改、完善，以使其与时俱进，永远走在军事科技发展的前列，成为兵器专家得心应手的帮手，军事爱好者们获得新知的知音！

要真正成为帮手和知音，是十分不容易的。所以需要大家的共同努力，集思广益，哪怕只是只言片语，哪怕说些道不明的疑问，都是我们极其需要的。所以我们期望和作为读者的你一起努力，把这套《图解军事术语》变成精品，化作引路人，共同为中华民族的钢铁长城加钢淬火！

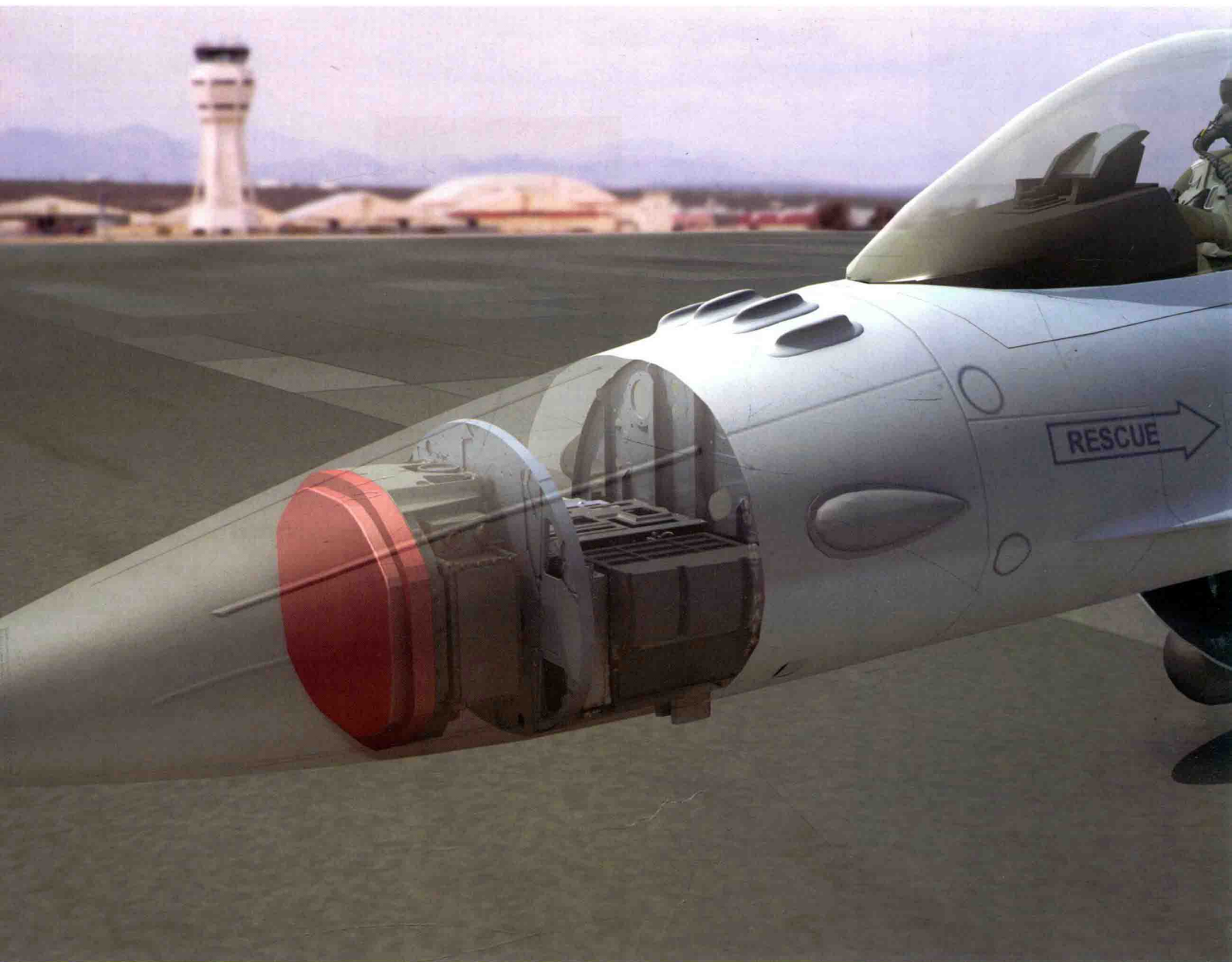
凌翔

2014年11月于北京



凌翔

解放军报主任编辑,《兵器知识》杂志编委,《航空世界》杂志顾问,中国人民解放军第60研究所顾问。对国内外军事武器装备发展情况有比较深入的了解,长期从事军事科普读物的编写与创作。曾主持编辑出版《兵器知识丛书》、《舰船知识丛书》、《航空知识丛书》等各类军事知识图书近百种。所创作的《当代航空母舰大观》是国内最早关于航母的军事图书,发行近十万册,并获第八届全国金钥匙图书奖,所著《舰船史》、《潜艇史》获得第二届全国科技图书奖。



第一篇 雷达技术

雷达的起源	002	4. SPY-1A.....	040
雷达的基本功能	004	5. SPY-1B/ (V).....	042
1. 距离探测	004	6. SPY-1D/ (V).....	044
2. 方位测定	004	7. 超级无源相控阵雷达——“雪豹”-E	048
3. 雷达测速	006	国外现役有源相控阵雷达.....	050
雷达的主要参数	008	1. 欧洲最强神盾——“桑普森” (SAMPSON) 雷达.....	054
1. 雷达频段的划分	008	2. 荷兰“阿帕”(APAR) 有源相控阵雷达	057
2. 雷达天线的功率	012	远程预警雷达.....	060
3. 雷达的波束.....	013	1. 美国最大的相控阵雷达——“铺路爪” (PAVE PAWS).....	060
雷达的视距	014	2. 海上千里眼——美国海基 X 波段雷达 (Sea-Based X-Band Radar, SBX).....	062
超视距雷达	016	3. 俄罗斯“沃罗涅日 -DM” 导弹预警雷达	064
1. 天波雷达 (OTH-B).....	016	合成孔径雷达.....	066
2. 地波雷达 (OTH-SW).....	021	1. 合成孔径雷达的基本原理	066
相控阵雷达	022	2. 合成孔径干涉雷达	068
1. 惠更斯原理.....	022	3. 合成孔径雷达的应用	069
2. 相控阵雷达的基本原理.....	023	被动雷达	072
3. 无源相控阵雷达	025	1. 被动雷达的原理和特点.....	072
4. 有源相控阵雷达	026	2. “维拉”-E 被动雷达系统.....	073
现役无源相控阵雷达	028	3. 乌克兰“铠甲”被动雷达系统.....	075
1. 欧洲多功能相控阵雷达.....	030		
2. 法国“阿拉贝尔”多功能相控阵雷达.....	034		
3. 美国 AN/SPY-1 系列相控阵雷达.....	036		



第二篇 光电系统

激光的原理及特性.....	078
1. 激光器的工作原理.....	078
2. 激光器的分类.....	078
3. 激光的特性.....	079
激光测距.....	080
1. 脉冲激光测距.....	080
2. 连续波激光测距.....	080
激光雷达.....	084
1. 侦察用成像激光雷达.....	084
2. 障碍回避激光雷达.....	085
3. 大气监测激光雷达.....	085
4. 制导激光雷达.....	085
高能激光武器.....	086
1. 舰载激光武器.....	087
2. 空基激光武器.....	092
3. 车载激光武器.....	096
红外线成像技术.....	098
1. 红外线的概念.....	098
2. 红外热成像仪的原理.....	098

军用夜视装备.....	100
1. 微光夜视仪.....	101
2. 红外热成像仪.....	108
3. 增强型夜视仪.....	110
光电分布式孔径系统.....	112
光电吊舱.....	116
1. 俄罗斯“游隼”-E (Sapsan-E) 导航 / 瞄准吊舱.....	117
2. 俄罗斯 M400 侦察吊舱.....	118
3. “蓝盾”(Litening) 系列吊舱.....	119
4. “狙击手”(Sniper) XR 先进目标定位吊舱.....	122
光电对抗.....	126
1. 光电对抗的发展趋势.....	127
2. 光电侦察.....	129
3. 光电干扰概况.....	130
4. 烟幕干扰.....	131
5. 箔条干扰.....	134
6. 红外诱饵弹.....	135
激光告警系统.....	138



第三篇 信息技术

军用数据链简介	142	2. 卫星的运行轨道	166
数据链在现代战争中的作用	144	3. 地球同步轨道	166
1. 空对空作战	144	4. 太阳同步轨道	166
2. 空对地作战	145	5. 美国全球卫星导航定位系统 (GPS)	167
美军及北约的现役数据链系统	148	6. 俄罗斯“格洛纳斯”卫星导航系统	169
1. Link 11 通用数据链	148	7. 欧洲“伽利略”系统	170
2. Link 16 通用数据链	148	侦察卫星	172
3. Link 22 数据链	152	1. 侦察卫星的酬载	172
4. 公共数据链 / 战术公共数据链 (CDL / TCDL)	153	2. 美国“锁眼”系列照相侦察卫星	172
预警机	154	3. 美国“长曲棍球”雷达成像侦察卫星	176
1. 预警机在现代战争中的作用	154	4. 美国天基红外系统	177
2. 预警机的优势	156	日本的侦察卫星	180
3. 各国主要现役预警机	158	C4ISR 系统	182
网络中心战	162	1. 现代战场新的必要系统	182
军用卫星	165	2. 现代战争的“大脑”和“神经”	183
1. 开普勒定律	165	3. 现代战争的“耳目”	184
		4. 新型装备的“灵魂”	184

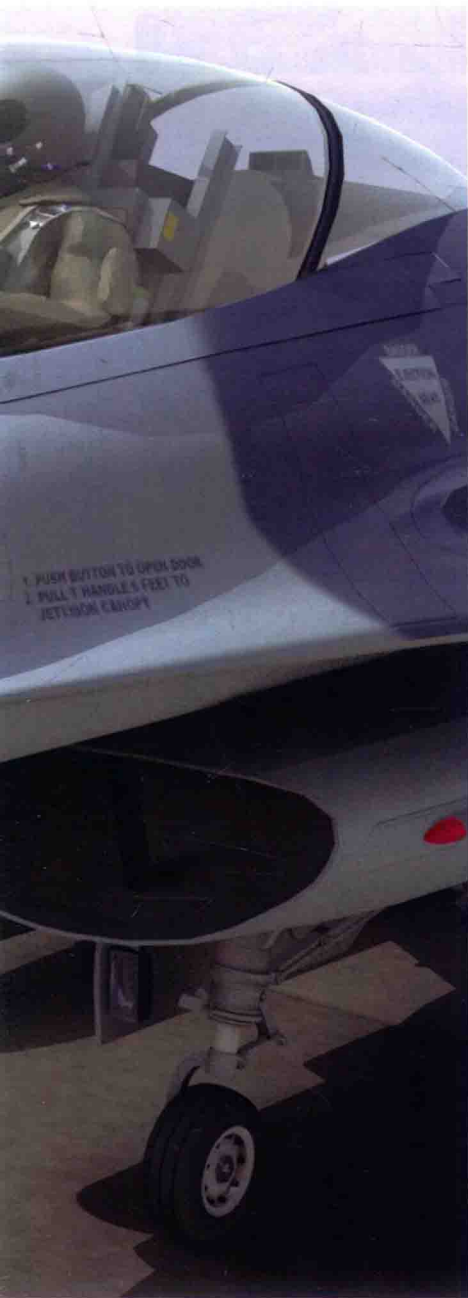




第四篇 战略战术

战斗机的空中机动.....	188	3. 超视距空战武器	205
1. 剪式飞行	188	4. 影响超视距作战的关键因素	206
2. 脱离剪式僵持	188	5. 规避超视距空对空导弹的攻击	207
3. “分离 S” 机动	189	非接触作战	208
4. “桶滚” 机动	189	1. 特点一：精确打击	209
5. 伊麦曼回旋	190	2. 特点二：灵活机动	210
6. 高速综合机动	191	3. 特点三：突出重点	211
7. 低速综合机动	191	4. 特点四：联合作战	212
近距离格斗	192	5. 特点五：攻击猛烈	213
1. 航空机炮	192	6. 特点六：科技含量高	214
2. 格斗导弹	195	对地攻击	216
3. 导弹的离轴发射	197	饱和攻击	218
4. 越肩发射	198	空海一体战	220
5. 全向攻击	200	不对称战争	222
超视距空战	202	1. 导弹 VS 水面舰艇	223
1. 超视距空战与近距离格斗的区别	202	2. 导弹 VS 卫星	226
2. 超视距条件下的探测手段	204	禁飞区	228

参考文献	230
------------	-----



01

第一篇 雷达技术



雷达是 20 世纪人类在电子工程领域的一项重大发明。雷达的出现为人类在许多领域引入了现代科技的手段。



雷达的起源

雷达 (RADAR), 是英文 Radio Detection and Ranging (无线电侦测和定距) 的缩写。这几个单词既说明了雷达的技术来源于无线电, 又说明了它的用途——探测目标的存在并确定目标的位置。

雷达主要由天线、发射机、接收机 (包括信号处理机) 和显示器等部分组成。雷达发射机产生足够的电磁能量, 经过收发转换开关传送给天线。天线将这些电磁能量辐射至大气中, 集中在某一个很窄的方向上形成波束, 向前传播。电磁波遇到波束内的目标后, 将沿着各个方向产生反射, 其中的一部分电磁能量反射回雷达的方向, 被雷达天线获取。天线获取的能量经过收发转换开关送到接收机, 形成雷达的回波信号。接收机放大微弱的回波信号, 经过信号处理机处理, 提取出包含在回波中的信息, 送到显示器, 显示出目标的距离、方向、速度等。

最早投入实用的军用雷达是由英国研制的。英国物理学家罗伯特·沃森-瓦特 (Robert Watson-Watt) 在 20 世纪 30 年代初就利用无线电波探测电离层, 使用阴极射线管接收和显示无线电回波, 并记录电波从发射到反射回来

的时间, 从而确定电离层的高度。1935 年 1 月, 他受英国军方委托, 研究利用电波探测空中的飞机, 利用已取得的研究成果, 迅速研制出对空警戒雷达的试验装置。2 月 26 日, 沃森-瓦特为军方进行雷达演示, 探测到了 16km 外的飞机。后来经过改进, 到 1936 年 1 月, 沃森-瓦特研制的雷达探测距离已达 120km。

在第二次世界大战 (以下简称二战) 期间, 雷达技术得到了快速发展, 以英国、美国为代表的西方国家相继开发了地对空 (预警)、空对地 (搜索) 轰炸、空对空 (截击) 火控、敌我识别等多种功能的雷达装备。

二战后, 世界进入持续近半个世纪的冷战时期。在美、苏军



英国物理学家罗伯特·沃森-瓦特 (1892~1973)



第二次世界大战时期英国部署的对空警戒雷达

备竞赛的直接刺激和推动下,雷达系统技术飞速发展,并且获得了更加广泛的应用。

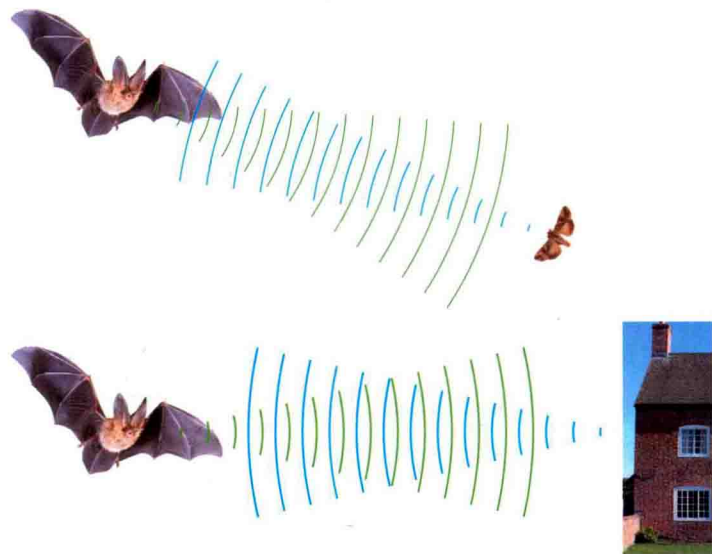
经过 80 多年的发展,雷达系统出现了许多新体制,如脉冲压缩雷达、合成孔径雷达、毫米波雷达、全相参雷达、相控阵雷达、超视距雷达、三坐标雷达、双/多基地雷达和单脉冲雷达等。而在雷达发展中应用了许多新技术,如脉冲多普勒技术、低截获概率技术、多传感器融合技术、自动检测和跟踪技术、信号处理新技术等。

TIPS

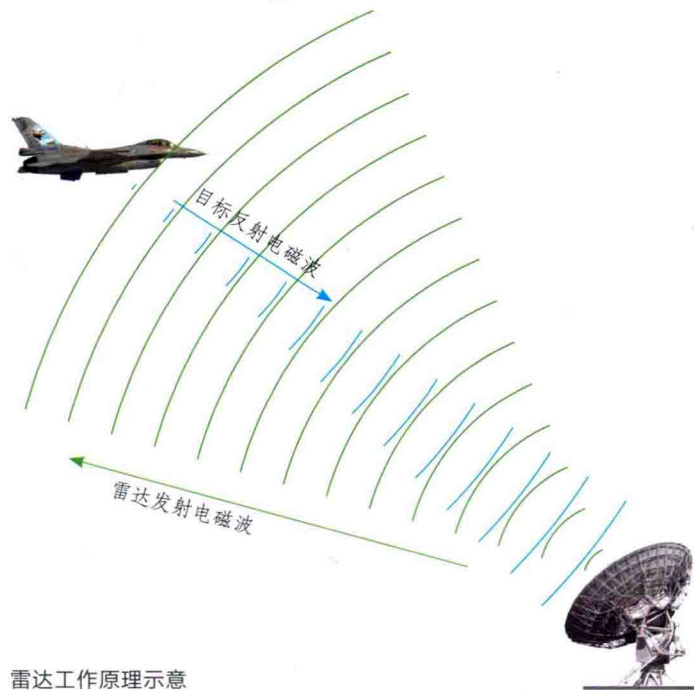
从仿生学的角度来说,蝙蝠具有的“回声定位”功能与雷达的工作原理完全相仿,因此蝙蝠有“活雷达”之称。

蝙蝠在夜间飞行时,能连续不断地发出高频率超声波。如果碰到障碍物或飞舞的昆虫,这些超声波就能反射回来,被它们超凡的大耳廓接收,再传入大脑进行分析。这种超声波探测灵敏度和分辨力很高,使蝙蝠根据回声不仅能判别方向,为自身飞行路线定位,还能辨别不同的昆虫或障碍物,进行有效的回避或追捕。蝙蝠发射超声波也像雷达一样,都是相距极短的时间而且极有规则,并且每只蝙蝠有其固有的频率,这样蝙蝠可分清自己的声音,不致发生扰乱。

再举一个贴近生活的例子,能够更容易理解雷达的工作原理。人在山里大声叫喊,往往会听到对面大山的回声。在叫喊时,声带振动而产生声波,相当于雷达发射机产生的电磁波;为了让声音传得尽量远,一种办法是用力提高音量,相当于雷达发射机提高发射功率,另一种办法是借助喊话筒或用双手在嘴边卷个“喇叭”,使声音集中向某一个方向发射,相当于雷达的指向天线;而雷达接收机的作用则与人的耳朵相仿,用以接收雷达发射机所发出电磁波的回波。



蝙蝠的“回声定位”功能示意



雷达工作原理示意



雷达的基本功能

在雷达用于实战之前,要在夜间发现空中目标,通常要借助探照灯。当敌方飞机来袭时,防守五方就打开探照灯,在空中组成的交叉“火力”,为地面高炮指引目标。雷达投入实战后,逐渐取代了这种依赖人类视力的探测方式,而且探测效果也远远超过探照灯。现代雷达在探测空中目标时,目标的运动方向、距离、速度以及影像等信息都能迅速、准确、全方位地显示在雷达屏幕上。



探照灯在夜间探测来袭目标

1 距离探测

测量目标的距离是雷达最基本也是最简单的功能,其实质是测量发射脉冲与回波脉冲之间的时间差。雷达发射机通过天线向某一方向发射不连续的电磁波,每次发射的时间约为百万

分之一秒,两次发射的时间间隔大约是万分之一秒,这样,发射出去的无线电波遇到障碍物时,可以在这个时间间隔内反射回来被天线接收。电磁波从雷达传播到目标所需要的时间(即回波信号到达时间的一半)和光速(每秒30万千米)相乘即可得到目标的距离。

$$S = cT/2$$

式中, S 为目标距离; T 为电磁波从雷达到目标的往返传播时间; c 为光速。

发射不连续电磁波的雷达被称为脉冲雷达。脉冲雷达容易实现精确测距,且接收回波是在发射脉冲休止期内,所以接收天线和发射天线可用同一副天线。当前常用的雷达大多数是脉冲雷达。

2 方位测定

在实际应用中,雷达往往需要连续跟踪一个目标并测量目标的精确位置。雷达对目标方位、仰角的自动跟踪,就是雷达天线追随目标运动而连续地改变其指向,使天线瞄准轴始终指向目标。根据目标距离和仰角,可测定目标的高度。当雷达自动跟踪一个目标时,某一瞬时因目标运动到一个新的位置而偏离了天线瞄准轴指向,便在目标与天线瞄准轴指向之间产生一个夹角,称为角误差。

现代雷达测定目标方位的方法称为单脉冲法(Monopulse radar)。雷达波的发射每次都是一个时间很短的电波,时间长

度从不到 $1\mu\text{s}$ 到几毫秒, 雷达术语称为“脉冲”(Pulse), 然后间隔一段时间再发射一个脉冲。单脉冲法就是雷达仅仅发射一个脉冲就可以修正目标的角误差。

单脉冲法的基本原理是: 在雷达天线瞄准轴的上、下、左、右同时设置四个对称的偏置波瓣, 从右上方那一块算起, 沿逆时针方向分别定义为 I、II、III、IV 四块。当目标位于天线轴正方向时, 四个波瓣接收到的目标回波信号强度相同; 当目标偏离天线的瞄准轴时, 如向右偏的, 则右波瓣接收到的回波强度比左波瓣接收的大, 根据左右回波强度的差别, 就可以计算出方位偏离角。

用 I、II、III、IV 分别代表四个对称的偏置波瓣的回波信号强度, 用 Σ 表示整个天线搜集的回波信号强度和, Δ 表示回波信号强度差, 方位偏离角可用下列数学模型表示:

$$\Sigma = I + II + III + IV$$

$$\Delta = (I + IV) - (II + III)$$

若 $\Delta = 0$, 表示目标在正中, 天线不必修正;

若 $\Delta > 0$, 表示目标在右边正的一方, 天线需要向右修正;

若 $\Delta < 0$, 表示目标在左边负的一方, 天线需要往左修正。

同理, 当目标上下偏离时, 可以计算出目标相对于天线瞄准轴的俯仰偏离角。

确定了雷达天线的修正方向, 还需要计算具体的修正量。用回波信号强度差 Δ 除以回波信号强度和 Σ , 就可以得到修正量 OBA (Off Boresight Angle), 即是雷达天线偏移的角度。

$$\text{OBA} = K \cdot \Delta / \Sigma$$

此处 K 为常数, 表示误差信号在瞄准轴上的变化率, 与雷

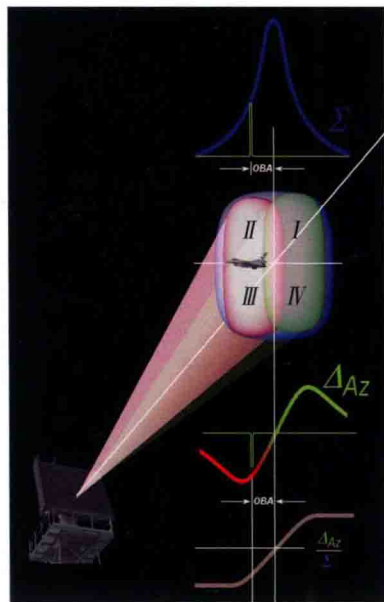
达的性能参数有关, 可由实验测得。

以左下图中用一架被追踪的飞机为例, 该机明显出现在天线的左半部, 所以左半部搜集得到的功率 (II + III) 大于右半部搜集得到的功率 (I + IV)。

$$\Delta = (I + IV) - (II + III) < 0$$

由此可知: 目标在天线的左半部 (负方向), 天线需要向左修正; 修正量是 $K \cdot \Delta / \Sigma$ 度。

利用这种测角方法, 雷达只需要接收到目标的一个, 而不是一串信号, 就可以提取目标的角度信息。这利测角方法的精度很高, 可以达到 0.1 毫弧度 (1 毫弧度 = 0.0573°), 也就是说, 雷达对 100km 远的目标进行方位测定, 其横向误差不会超过 10m。



单脉冲法测定目标方位、仰角示意



美国范登堡空军基地附近山顶上安装的 FPS-16 雷达, 海拔 648m, 主要用于跟踪在该基地起降的飞机, 也可用于跟踪弹道导弹

3 雷达测速

雷达要探测的目标通常是运动着的物体，如空中飞行的导弹、飞机，海上的舰船以及地面车辆等，因此，雷达测速是其基本的重要的功能。雷达测速的原理就是利用了电磁波的多普勒效应。

在中学的物理课本中有一个非常生动的例子来说明多普勒效应：火车从远处飞驰而来，火车鸣笛声变得尖锐（即频率变高，波长变短）；而离我们而去的火车鸣笛声变得低沉（即频率变低，波长变长），就是多普勒效应的现象。这一现象最初由奥地利物理学家多普勒在 1842 年发现，因此命名为多普勒效应。

多普勒效应是指当目标物的运动指向雷达时，雷达接收到的回波频率将高于发射波的频率；反之，当目标物的运动背向雷达时，雷达接收到的回波频率将低于发射波的频率。回波频率与发射频率之差称为多普勒频移。

对于一个运动的目标，向着雷达运动或远离雷达运动所产生的频移量是相同的，但符号不同：指向雷达时频移为正，背向雷达时频移为负。多普勒频移可以通过以下公式来计算：

$$f_d = fv/c$$

式中， f_d 为多普勒频移； f 为雷达波频率； v 为目标物与雷达的相对速度（正、负两个方向）； c 为光速。

通常情况下，目标物移动速度与光速相比差得太多，所以多普勒频移的数量级非常小，约为发射频率的 $1/10^7$ 倍。

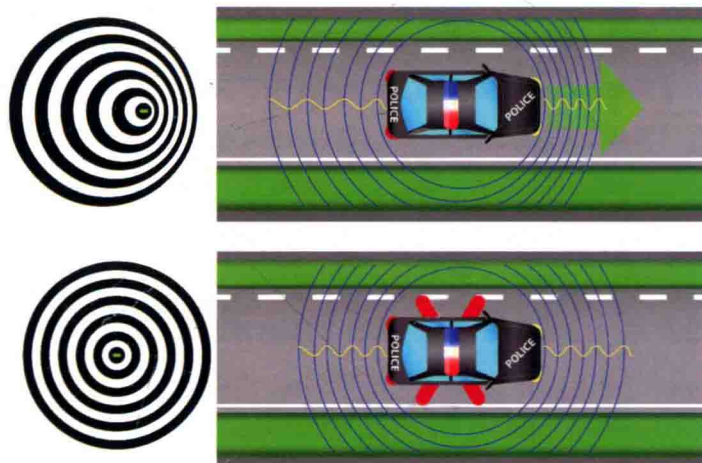
在公式中可以看出，多普勒频移与目标物径向运动的速度分量成正比关系，因此，雷达只要测得了多普勒频移，就可以计算出目标物的径向运动速度。

为了方便对多普勒频率测量，雷达一般应采用连续波的信号形式，但连续波信号又难以测定目标的距离，因此，现代雷达多采用脉冲多普勒雷达，即采用脉冲波形来完成多普勒频率的处理，同时实现测距和测速的功能。

脉冲多普勒雷达需要采集一串脉冲的回波信号，才能通过复杂的信号处理技术从中提取目标运动产生的多普勒频率，因此，它的构造比一般普通的测速雷达复杂得多。

脉冲多普勒雷达的作用并不仅在于测定目标的运动速度，目前脉冲多普勒技术更多地机载雷达中得到应用，它可以帮助雷达从很强的地物杂波中探测到目标。因为地物等杂波的信号强度非常大，常规雷达根本无法在强杂波中监测到目标的回波。

但由于载机相对于地物和目标的运动速度不同，因此产生的多普勒频率也不同，雷达可以根据载机自身的运动速度计算出地物的杂波多普勒频率，从而可以设计针对杂波的滤波器，将杂波滤除，使目标回波显示出来。因此，脉冲多普勒雷达广泛应用于下视的机载火控雷达或机载预警系统中。



多普勒效应示意