



青少年最感兴趣的精典武器

兵器之眼—— 雷达

郭 华 / 编著

河北科学技术出版社



青少年最感兴趣的精典武器

兵器之眼—— 雷达

郭 华 / 编著

河北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

兵器之眼——雷达 / 郭华编著. -- 石家庄 : 河北
科学技术出版社, 2013.6

ISBN 978-7-5375-5911-9

I . ①兵… II . ①郭… III . ①军用雷达—青年读物②
军用雷达—少年读物 IV . ① TN959-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 095523 号

出版发行：河北科学技术出版社

地 址：河北省石家庄市友谊北大街 330 号

邮 编：050061

印 刷：北京海德印务有限公司

开 本：710mm × 1000mm 1/16

印 张：10

字 数：180 千字

版 次：2013 年 8 月第 1 版

2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价：26.80 元



前 言

人类社会进入 21 世纪以后，和平与发展成为主题，世界多极化和经济全球化的趋势日渐明显。但是，我们知道，一个国家崛起的标志是综合国力的强大，而军事力量的强大是综合国力强大的重要特征之一。在国家崛起过程中，军事力量一方面维护国家主权、安全和领土完整，另一方面要维护国家战略通道的安全，如领海、领空的安全、通畅，保证国家战略物资的需求通道不被外部势力阻断。还有一个重要作用是通过战争来达到政治目的。从历史看，一个超级大国的崛起往往伴随着战争，如 19 世纪时的英国，二战后的美国，都是通过战争打败竞争对手，然后走上世界政治舞台的中心。

当今世界，综合国力特别是军事能力还是通过军事武器装备来衡量。武器的历史可以追溯到人类刚刚学会使用石块和木棒的时期。在那个时候，人类为了自身的生存，手中的猎食工具很可能在某些场合变成了同类相残的武器。但是，武器及武器技术迅猛发展却只有几百年的历史。

历史的车轮滚滚向前，科技的发展日新月异。那些原本为研究武器而获得的大量科技成果，正在一天天为我们的文明社会服务。打开潘多拉盒子的巨人们，却极力反对核武器和核战争。如今，核能的和平利用为人类带来了莫大的福音。

每一件军事武器都是人类凭借智慧，运用科技所创造出来的，它是科技之美的化身，体现着现代前沿科技的魅力；它是力量之美的化身，人们凭借自己之力创造出了具有无比强大威力的器具；它是韬略之美的化身，凝聚着人类博大精深的智慧与知识。

为了让青少年朋友更透彻地了解武器的秘密和各国尖端武器知识，我们特编写了这套图书。本套图书从兵器爱好者入门知识、各种枪支、火炮、导弹、军用飞机、舰艇以及军用雷达等各方面入手，全面系统地向读者展示了世界经典武器知识。书中配有精美的图片，讲述武器背后感人至深的故事，对于青少年朋友和武器爱好者来说，这是一套值得收藏的图书。



这是一个了解世界兵器的窗口，一个圆你军事梦想的地方。本套图书旁征博引，分门别类地展示了世界各国具有代表性的兵器风貌，是一套提供给青少年兵器知识爱好者的军事科普图书，旨在为广大青少年提供一个全面了解世界军事武器发展情况的平台。希望本套图书能伴随广大青少年朋友健康成长，树立大志，报效祖国。

编委会



LEIDA LEIDA LEIDA LEIDA LEIDA LEIDA LEIDA LEIDA



contents

目录

第一章

雷达的诞生与发展

LEI DA DE DAN SHENG YU FA ZHAN

第一节 战争的“千里眼”——雷达的应用

- 02 早期的雷达
- 03 第一部雷达的诞生
- 06 雷达与探照灯的比较
- 09 现代雷达的发展趋势

第二节 探索之旅——雷达的发展历程

- 16 雷达应用历程
- 20 第二次世界大战后雷达的发展

第三节 雷达的工作原理

- 34 雷达的基本组成
- 39 目标的雷达截面积

39 目标位置测量

第四节 雷达的应用

- 41 军事应用
- 42 环境遥感
- 43 空中交通管制
- 44 其他应用





第●章

雷达的基本组成

LEI DA DE JI BEN ZU CHENG

第一节 雷达发射机

- 46 雷达发射机的基本功能
- 48 雷达发射机的主要质量指标
- 50 固态雷达发射机

第二节 雷达接收机

- 51 概况
- 51 雷达接收机的基本组成与工作原理

第三节 雷达天线

- 55 概况
- 56 典型的雷达天线

第四节 雷达显示器

- 59 概况
- 60 距离显示器
- 60 B 型显示器
- 61 E 型显示器
- 61 平面位置显示器
- 61 雷达反隐身技术

第●章

防空“警卫员”——监视雷达

FANG KONG “JING WEI YUAN” ——JIAN SHI LEI DA

第一节 两坐标监视雷达

- 70 概况
- 71 两坐标监视雷达的用途和特点
- 72 两坐标监视雷达战术性能
- 72 两坐标监视雷达的技术性能

第二节 三坐标监视雷达

- 74 用途与技术要求
- 76 三坐标监视雷达的发展

第三节 低空补盲雷达

- 78 雷达的低空探视
- 80 在防空系统中的作用

第四节 目标指示与制导雷达

- 82 地空导弹目标射击指挥雷达
- 83 高炮射击指挥雷达
- 86 导弹制导雷达





第四章

如影随形——跟踪雷达

RU YING SUI XING——GEN ZONG LEI DA

第一节 跟踪雷达的应用与分类

- 90 跟踪雷达的应用
- 92 跟踪雷达的作用
- 94 跟踪雷达的特点和组成

第二节 脉冲精密测量雷达

- 96 精密测量雷达的发展
- 97 脉冲精密测量雷达的作用
- 99 脉冲精密测量雷达的组成和原理

第三节 跟踪雷达目标捕获和距离跟踪

- 104 捕获

第五章

功能强大——机载雷达

GONG NENG QIANG DA——JI ZAI LEI DA

第一节 机载雷达的应用

- 108 概况
- 109 早期脉冲多普勒雷达

第二节 机载预警雷达

- 112 发展历程
- 115 对现役机载预警雷达的新要求
- 116 发展趋势





第三节 机载火控雷达

- 118 概况
- 120 基本功能
- 124 辅助功能
- 125 机载相控阵火控雷达的发展

第四节 机载战场侦察雷达

- 128 概况
- 129 主要战术要求
- 129 种类及基本组成
- 133 关键技术及发展前景

第五节 直升机机载雷达

- 134 概况
- 135 优点及功能

第五章

举足轻重——超视距雷达

JU ZU QING ZHONG——CHAO SHI JU LEI DA

第一节 超视距雷达工作原理

- 138 概述
- 138 种类

第二节 （天波）超视距雷达

- 140 概况
- 141 近期发展
- 141 天波超视距雷达的优点与工作类型

第三节 可重定位短波超视距雷达

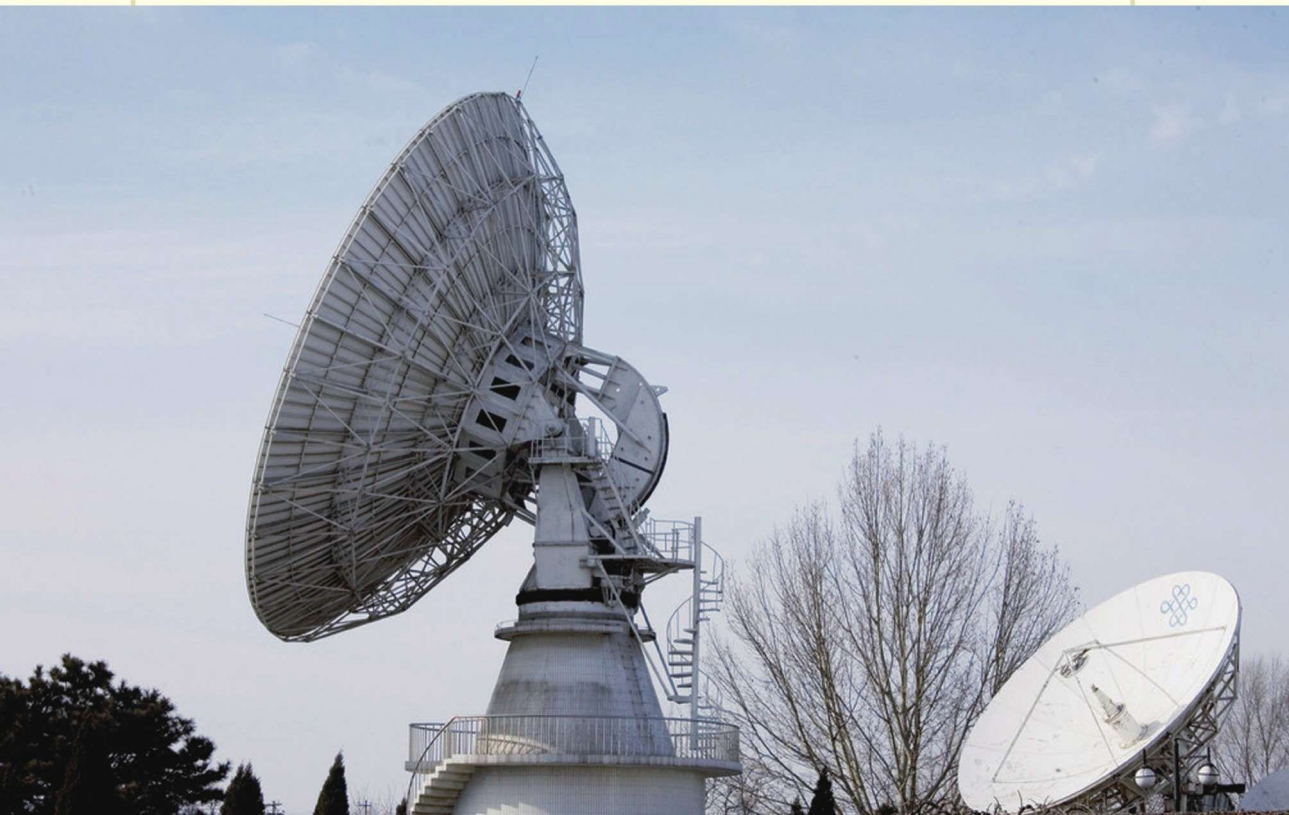
- 145 简述
- 146 ROTHHR 系统组成
- 148 ROTHHR 的基本性能



第一章

雷达的诞生与发展

Lei Da De Dan Sheng Yu Fa Zhan





雷达的诞生与发展



第1节

第一节 战争的“千里眼”——雷达



雷达所起的作用与眼睛和耳朵相似，当然，它不再是大自然的杰作，同时，它的信息载体是无线电波。

事实上，不论是可见光或是无线电波，在本质上是同一种东西，都是电磁波，传播的速度都是光速 C ，雷达差别在于它们各自占据的频率和波长不同。



一、早期的雷达



雷达作为一种军事装备服务于人类是 20 世纪 30 年代的事，但雷达原理的发现和探讨，还要追溯到 19 世纪的末期。

1864 年，麦克斯韦提出了电磁理论，预见到电磁波的存在。1886 年，赫兹进行了用人工方法产生电磁波的实验，通过实践证明了“无线电”的存在，验证了电磁波的发生、接收和散射。1903 年，德国人威尔斯姆耶探测到了从船上反射回来的电磁波。到 1922 年，马可尼主张用短波无线电来探测物体。他



● 雷达



说：“电磁波是能够被导体所反射的，可以在船舶上设置一种装置，向任何所需要的方向发射电磁波，若碰到导电物体，它就会反射到发射电磁波的船上，由一个与发射机相隔离的接收机接收，以此表明另一船舶是存在的，并进而可以确定其具体位置。”这是最早比较完整地描述雷达概念的语句。

20 世纪 30 年代，很多国家最先进行的是双基地连续波雷达的研究。当时，这种雷达的发射机与接收机彼此间分置于相隔较远的距离，当飞机穿越接收机站与发射机站之间时，接收机站就可检测到由发射机直接传输到接收机的信号和发射信号受目标散射后传输到接收机的信号二者之间的多普勒差拍，从而发现目标。这种双基地雷达的效果受到很多因素的限制，所以虽然法国和苏联的军队早在第二次世界大战前就装备了双基地连续波雷达，但并未使得用无线电波探测目标成为军事上的重要手段。直到单基地的脉冲雷达开发成功后，才确立了雷达在军事上的重要地位。

20 世纪 30 年代中期，很多国家都几乎同时开始而且独立地开发现代形式的脉冲雷达，所以难以确定其精确的诞生日期，而只能列举一些重要的事例。



● 多普勒脉冲雷达



二、第一部雷达的诞生



● 安装了先进雷达的 B2 隐形轰炸机

从军事应用上来说，雷达被比喻成战争的千里眼。千里眼的第一次睁开，是在 1935 年，当时正值第二次世界大战前。经历过第一次世界大战以后，作为飞机之一的轰炸机，在这场战争中已经扮演了重要的角色。为了发现入侵的轰炸机，光学（如探照灯）或声学这种方法对付老牛般的旧式飞机还勉强可以，如果对付速度较快的新式轰炸机，提供的预警时间太短，



雷达的诞生与发展



不能满足防空需要。1934年7月，英国皇家空军进行了一次演习，轰炸机躲开了战斗机的拦截，顺利“轰炸”了英国空军总部。

为了缓解巨大的，甚至是缓解从早到晚笼罩着的“轰炸机随时都会飞到头顶上来”的恐怖，英国空军开始考虑用新技术来解决防空问题。当时的英国物理学家、国家无线电研究实验室主管沃森·瓦特（也即是蒸汽机发明人詹姆斯·瓦特的后代）发现，即使使用当时最强功率的无线电波，也不会像探照灯那样对飞行员或飞机造成任何损伤，但是无线电波照射到飞机时会被反射回来，这种现象或许可以用来探测飞机；并且认为，这种探测方法，不仅可以测出飞机与雷达的距离，甚至还可以测出飞机的方位和高度。

1935年2月，为了争取经费支持，沃森·瓦特准备了一套演示系统，用无线电接收机接收飞机反射的广播电台信号。

2月26日，当一架“黑福德”轰炸机穿越BBC广播电台所发射的无线电波时，接收机输出的信号明显增强。当年6月，沃森·瓦特领导的团队赶制出了世界上第一部雷达。多座高塔是这部雷达的最显著特征，高塔之间挂列着平行放置的发射天线，而接收天线



● 二战时地面雷达站

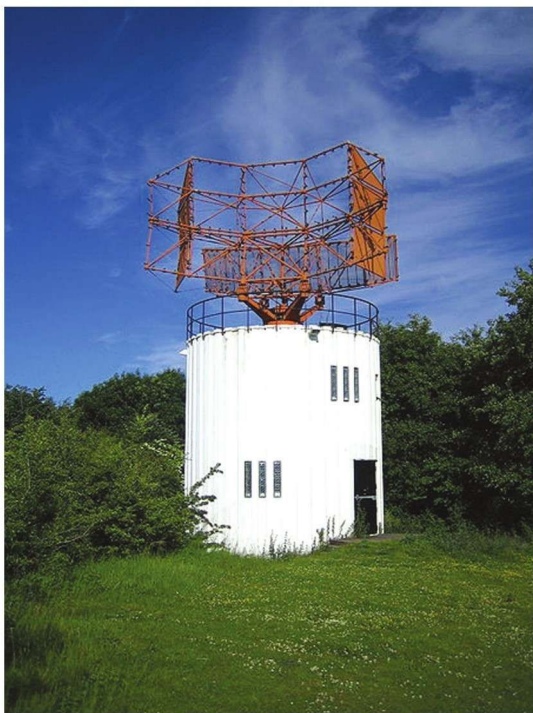
则放置在另外的高塔上。7月，这部雷达探测到海上的飞机。1936年5月，英国空军决定在本土大规模部署这种雷达，称为“本土链”，到1937年4月，本土链雷达工作状态趋于稳定，能够探测到160千米以外的飞机；到了8月，已经有3个本土链雷达站部署完毕。而到了1939年年初，已有20个雷达站投入使用，形成了南至朴次茅斯附近的温特诺、北至奥尼克



郡尼德巴顿的无线电波防线。

值得一提的是，雷达投入使用后，皇家空军很快开始思考如何有效发挥其效能，也就是研究雷达的作战使用问题。皇家空军接收本土链雷达后，就把雷达网与地面观察哨网结合，试图组成战斗机引导网。1938 年年初，皇家空军在世界上第一次演练了用雷达探测到的情报引导战斗机拦截民航机，虽然效果不尽如人意，但是，这是一个伟大的开端，它把情报和指挥结合起来了。后来的不列颠空战也证明，对于雷达作战使用的研究，这是一次伟大的尝试。

在德军入侵波兰后，英国对德国宣战。1940 年 6 月 10 日，德国空军开始大规模轰炸英国，不列颠空战宣告开始。尽管在 1939 年下半年，又增加了 30 个本土链雷达，但威力仍然有限，特别是只能测定敌机的距离，不能准确地测定敌机的方位和高度。探测范围也只覆盖了英国东部和南部沿海，一旦敌机穿越了这道电波屏障，就只能靠地面观察哨网跟踪，通过早期的作战使用研究，英国意识到必须要有一个专门处理雷达情报的系统，否则仅靠雷达自身发挥不了多少作用。皇家空军研究了如何把雷达网和地面观察哨网的情报结合起来并且将综合后的结果以人们习惯的方式显示出来，研究的结果就是设立专门的情报室



● 二战时期雷达站

来处理多渠道的空中情报，这可能是世界上最早开展通过情报综合以形成统一作战态势图的工作。由于经过综合处理后的情报能够直观地显示战场态势，皇家空军变得耳聪目明，极大地节约了兵力，稍微平衡了德国空军在数量上的优势。到 1940 年 8 月初，皇家空军击落德机 270 架，损失 145 架。直到这时，德军才开始意识到那些高大的塔群可能隐藏着一些奥秘，所以在 8 月 12 日轰炸了其中的 6 部。但他们并没有真正理解雷达对英国防空的重要性，轰炸也就不是很猛烈，而



雷达的诞生与发展



且英军不但修复很快，还紧急部署了机动性的本土链雷达，把天线塔换成了便于机动的桅杆。



三、雷达与探照灯的比较



雷达工作时，首先发射无线电波，电波在空间传播时如果遇到物体（如飞机、导弹和舰船等目标），物体会向各个方向反射来自雷达的入射波，其中有一部分会朝向雷达（称为后向散射），被雷达接收。如果接收到的回波强度足够大，雷达就能对接收到的回波进行处理，获得关于目标的距离、方位、高度和速度等信息。这就是雷达工作的基本原理。



● 雷达

雷达的基本特征，在于它是“有源”的。雷达常常被比喻成战争的“眼睛”，或者是战争的千里眼。对于人类来说，80% 以上的信息都是靠“眼睛”获得的，因此，战场中的绝大部分信息的获得，也是靠雷达。所以，这个比喻很好地说明了雷达在获取战场信息方面的重要作用。但是，列宁说过，任何比喻都



● 战争的“眼睛”——雷达



是蹩脚的。那么，这个比喻“蹩脚”在什么地方呢？

人眼在看到物体时，需要有光源。只要光源照射到这个物体，物体就会把来自光源的入射光向各个方向上反射，有一部分反射光会进入人眼，如果光线足够强，人眼就能够看到。在人眼看到物体的过程中，眼睛本身并不能发光，或者说不能发出照射到物体的光线。但是，雷达不一样。由物体反射并被雷达



● 防空探照灯

接收到的回波，是由雷达自身发射的，这个特性，就叫做“有源”，这个特性使得雷达可以不依赖于外部的辐射源工作，因此自主性更强。

相比于探照灯，雷达有一些相同的特点，可以结合探照灯的光束来理解雷达射出的波束。首先，虽然雷达射出的波束是不可见的，但是，将电波能量在空间尽可能地会聚或集中起来，以使得电波能够传得更远，这个道理不但适用于探照灯，对于雷达也是适用的。虽然波束不可见，我们也可以画出电波波束在空间分布的图形。当然，这种图形是立体的。会聚能量形成波束，在雷达中需要靠天线。雷达有一种天线的形状就类似于抛物面，叫做抛物面天线，天线的焦点处放置了馈源，用以向天线馈送无线电波，然后由天线的反射面对电波进行会聚。其次，雷达的能量到底在空间能会聚到什么程度，或者说波束到底有多宽，这个定义也是与探照灯中光束宽度的定义相同，都是指从波束中能量最强点到下降到最大能量的一半处对应的角度。再次，两



● 雷达天线



兵器之眼——雷达



雷达的诞生与发展



者都是有源的，为了获得更远的作用距离，都要求光强或电磁波的入射功率足够大，以承受传输过程中的自然衰减，规律是光强或电磁波的功率与传输距离的平方成反比。但由于还要考虑到人眼或者雷达还要接收反射回来的光（即人眼看到目标或雷达接收到回波），对于有源设备来说，光强或雷达功率是随传输距离的4次方衰减的，衰减极其迅速，因此就对射出的功率提出了更高的要求。

雷达与探照灯也有很大的不同。首先是两者的工作频段不一样。探照灯工作在可见光频段，由于频段更高，所以波束集中性更好。但是，电磁波在传输过程中，功率除随传输距离的



● 车载雷达

增加而自然衰减以外，由于大气吸收的影响，还会产生衰减，这种衰减随着电磁波频段越高越明显。由于雷达工作在较低的无线电频段，相对探照灯来说，能够获得更远的作用距离。由于这个原因，雷达也更适于在各种复杂气象条件下全天候地工作，比如刮风、下雨、下雪甚至下冰雹，我们都能看到雷达的天线在永不停止地旋转，不放过空中的任何情况。因为气象条件的恶劣，会引起大气衰减作用的加剧，而对高频段的电磁波，这种恶化效果更明显。其次，雷达能够测距，这是雷达最重要的特征。雷达通过测量电磁波从发射到照射到飞机等目标后返回雷达所用的时间除以2，得到单程传输的时间，再乘以光速，就得到飞机等目标与雷达的距离。探照灯是不需要这样做的。可以说，自雷达诞生到现在已经70余年了，可是，还没有另外一种设备，在测距方面能够像雷达那样又快又好。