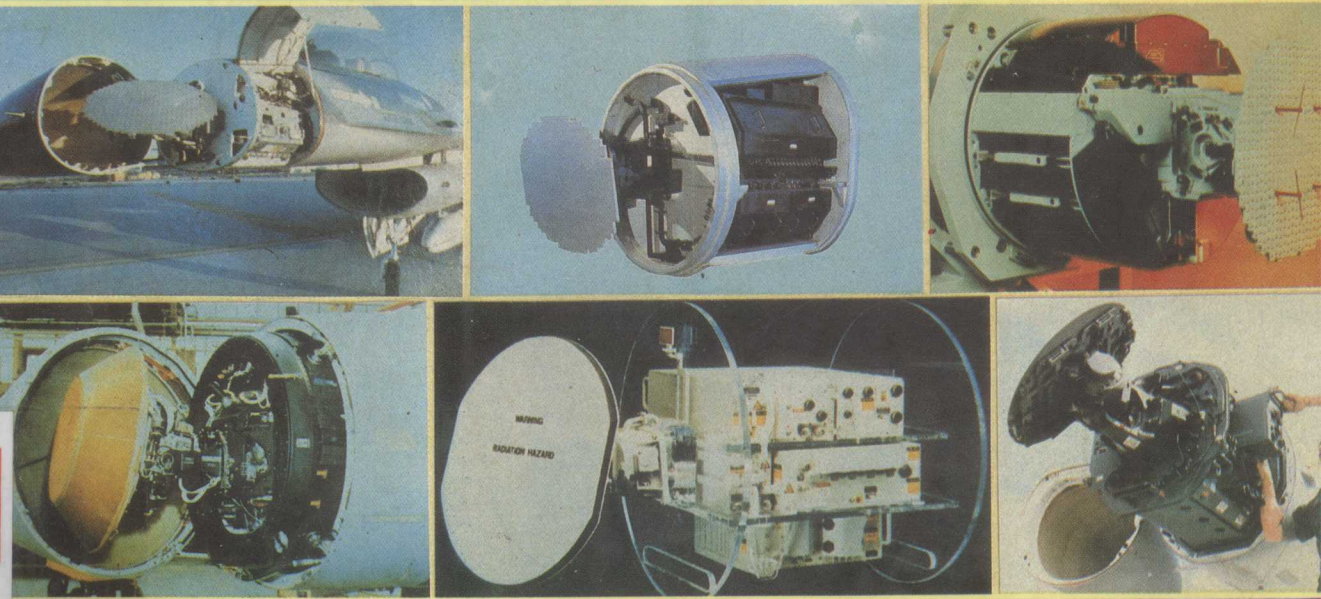


# 世界机载雷达手册

# WORLD AIRBORNE RADAR HANDBOOK

季 节 许云剑 等编



航空工业出版社

V243-62  
1992

# 世界机载雷达手册

季节 许云剑 等编



季 节 许云剑 等编  
季 节 许云剑 等编



航空工业出版社

1989

672934

## 内 容 简 介

本手册收编了美、英、法、苏、中、加、意、瑞典和以色列等十多个国家和地区的机载攻击雷达、监视雷达、预警雷达、导航雷达、气象雷达等共325个型号。简明地介绍了各型号的概貌、性能参数、分机组成和研制情况，对重点型号作了较详细的叙述。全书文字简洁，图文并茂，可供各科研机构、各军兵种和领导机关的有关科技人员和各高等院校有关专业的师生参考。

### 分类编辑

潘心德 石媛珍 翁克泉  
陶宗仪 董贵芳 郭衡清 王秀春

### 编译人员

杨华淑 高逊之 胡民才  
余文耀 王英钧 金济华

## 世界机载雷达手册

季 节 许云剑 等编

---

航空工业出版社出版发行  
(北京市和平里小关东里14号)  
全国各地新华书店经售  
航空工业出版社印刷厂印刷

---

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

787×1092毫米 1/16 印张：30.75

印数：1—2000 字数：1030千字

ISBN 7-80046-114-9/Z·035

定价：18.00元

## 前 言

机载雷达是人类在航空活动中视觉感官的延伸设备。它不但延伸了人们目视的有限空间,还能夠穿透云雾、黑夜、地表或冰层。它可以把感知参数的准确性提高,把对象的一些特征识别清楚,甚至还可以按照特殊需要改变观察过程的时间参数。因此,机载雷达已成为各种飞机必不可少的航空电子设备。为适应我国航空事业发展的需要,中国雷华电子技术研究所决定出资并组织编撰《世界机载雷达手册》。

这一手册参考一九七五年版《国外机载雷达手册》,对老旧型号进行了筛选并对所选用的型号资料作了修订。手册以较多篇幅补充了近十余年新出现的雷达型号和技术内容。为了弥补原手册编选范围的局限,除原有的火力控制雷达、轰炸和导航雷达、搜索和预警雷达、地形回避和地形跟随雷达、气象雷达、侧视雷达之外补充了多普勒导航雷达。但限于条件,敌我识别和其他二次雷达、雷达警戒接收机和雷达高度表仍未编入。此次编入手册的机载雷达的研制国家也由原来的四个增加到十多个。中国和苏联两国机载雷达是第一次编入手册,但仅选取部分允许公开的资料,详细资料将另行出版。本手册包括了正在使用,正在研制和部分虽不生产和已退役,但技术上具有代表性、阶段性的型号。正文介绍的型号有325个,列入总表的型号则多达634个,刊用图片278幅。为了便于读者查阅,正文前后附有七种附表,在编排上也作了改进。编者提供的“世界机载雷达发展概况”可作为读者了解机载雷达历史、现状和未来的参考。为了向科技人员提供较多有用的信息,对某些重点型号以较大篇幅作了介绍。因此,这本手册既是军队和航空界有关领导和管理人员、科研设计人员以及各界使用人员必备的查阅工具书,也是有关科研人员、专业技术人员和高等院校有关师生了解世界机载雷达领域概况和现代技术水平的参考书。

本手册由中国雷华电子技术研究所主编,中国航空无线电电子研究所、南京电子技术研究所参加编撰工作。季节同志负责全书技术校核,并承担中国、苏联雷达资料、“前言”与“发展概况”的编撰。许云剑同志负责全书总体设计、编辑、文字校订,并承担附表与编辑说明的编撰。石媛珍同志负责美国火控雷达、地回地跟雷达及少数未明确分工雷达资料的编撰。王秀春同志负责美、中、苏三国以外各国火力控制雷达资料的编

撰。潘心德同志负责各国搜索、监视、侦察雷达和气象雷达资料的编撰。郭衡清同志负责各国预警机雷达资料的编撰。陶宗仪、董贵芳同志负责各国多普勒导航雷达资料的编撰。翁克泉同志负责对《国外机载雷达手册》部分火力控制雷达型号的筛选与资料修订。杨华淑、高逊之、胡民才、余文耀、王英钧、金济华等同志参加了编译工作。此外，许伟武和张永华同志为本手册的编撰提供部分资料，特此谨致谢意。

由于水平所限，书中错误和不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编者

一九八八年七月

## 世界机载雷达发展概况

### 一、回顾

世界上第一台机载雷达出现在反法西斯战争的英国。当时，英国为了对付德国潜艇，自1935年开始研制雷达，1937年7月进行了首次雷达空中试验，观察海面军舰并协助航行与着陆。1940年2月，磁控管在英国研制成功，使机载雷达进入微波时代。英美国际合作使雷达技术与生产迅速取得成效，很快研制成功厘米波雷达SCR-520，并在1942年开始批生产。接着，美国研制和生产了以SCR-720（截击）、AN/APQ-7（轰炸）为首的大量型号与数量的机载雷达。这些雷达的功能比较简单，只具备雷达（Radio Detection and Ranging）一词的作用，用于空对地（海）面的探测和轰炸，空对空的探测和简单跟踪。即使如此，它们的体积与重量都很可观，可靠性也不高。但这种机载雷达总算使飞机具备了全天候能力。在技术方面，逐步完善了微波脉冲雷达的全套电路和元件。在动目标指示（MTI）技术的地面应用、信息的空地传输应用方面作了许多研究。苏联自称曾于1941年研制了实验性机载雷达Gneys-2，但未得到证实。

战后经过几年技术发展的寂静时期以后，50年代相继爆发出雷达技术的灿烂光芒。首先是匹配滤波器概念、雷达检测统计理论和模糊图理论的建立，使雷达设计从经验转向理论结合实践的道路。1946年曾在AN/APG-25雷达中采用过幅相式单脉冲体制。后来，由于天线微波器件和电路研究的完成，于1955年提出和差式单脉冲系统，并于1959年生产出第一批装备飞机的NASSAR系统的机载单脉冲雷达。脉冲多普勒（PD）体制研究起始于1951年夏末。波马克导弹的高脉冲重复频率（HPRF）PD雷达导引头于1953年研制成功。同年还开始了机载PD雷达关键技术及器件的研制。1959年开始第一个PD体制型号，AN/AWG-10系统中AN/APG-59雷达的研制。合成孔径（SAR）体制继1953年原理突破以后，1957年研制出地图测绘侧视雷达AN/UPD-1。由于机载计算机和空空火箭、导弹的出现，相继研制出以机载雷达为主体的各种火控系统。机载雷达的功能亦有所发展，用于探测、跟踪、导弹制导。随之而来的是体积、重量的增加，可靠性的下降。在此期间，英、法、瑞典等国都有型号研制。苏联除仿制美国SCR-720雷达和测距器外，研制了PII-1、PII-5截击瞄准雷达、PII-2V导弹瞄准制导雷达以及功率更大的机载雷达和性能更好的雷达测距器。50年代末，中国机载雷达仿制和研制工作开始起步。1958年开始为超音速歼击机研制截击瞄准雷达。起步时间较英美晚23年，后又因国家经济困难中断了研制。

60年代，半导体元件、集成电路在机载电子设备中的应用，功率行波管的出现，以及数字技术的发展，都迅速地推动了机载雷达的发展。1963年开始设计，并于二三年后装备飞机的美国XR-45和XR-47雷达，由于采用半导体元件、微电子电路和二厘米工作波段而在功能和性能不变的情况下，使体积、重量、耗电和成本大大下降，可维护性与可靠性指标则提高了一个数量级，开始了机载雷达微型化的时代。栅控行波管、平板缝阵天线、高频谱纯度石英晶体振荡器和MTI、FFT处理机使机载PD雷达出现了重大进展，第一个生产型号AN/APG-59由美国

Westinghouse公司于1965年作为AN/AWG-10火控系统的主要部分试验成功。AN/AWG-9系统火控雷达的研制历经整个60年代、4个载机型号，而于70年代初成为功能、性能卓越的机载雷达。美国Hughes公司则研制了用于F-15飞机雷达竞争的全波形数字化PD雷达。性能更高的预警飞机PD雷达也从1964年开始基础研究（ORT计划）。该计划于1967年完成后，美国4家厂商为竞标开始了高、中、低脉冲重复频率不同方案的样机研制。一直在地面雷达中发展的MTI技术，由于运动补偿问题的解决而于60年代末期成功地运用在E-2C海军预警机的AN/APS-120雷达中。机载相控阵雷达样机的群芳争妍是这一年代的又一特点。美国自1964年开始有7家公司进行了3种类型大约10个样机的更代研制与试验。但由于成本与重量过高，与实际应用差距尚远，直到目前，只有一种反射型空间馈电相控阵雷达AN/APQ-140装备B-1B飞机。全固态有源相控阵雷达虽已经三代研制试验，至今尚难使用。高分辨力合成孔径雷达已于60年代中期开始使用。地形回避地形跟随雷达已广泛应用。一种全新概念的直升机旋翼雷达完成了研制与试验。在此期间，英、法、瑞典等国有更多的型号研制成功。苏联的几种新雷达，技术水平有了提高。Mig-23歼击机装用的P11-23雷达是一部单脉冲体制，采用扭转板天线的半自动空空导弹制导雷达，抗干扰能力改进较大。Mig-25歼击机装用的雷达具有600千瓦的极强微波辐射功率。中国机载雷达的仿制工作已完成，已有多种类型供飞机装备使用。1964年开始了以单脉冲技术、扭转反射板天线和半导体电路改进装备雷达的多阶段研究工作并取得部队装备更新换代的结果。1965年开始了艰难的国外先进技术分析消化工作，并很快研制出具有国外50年代末先进水平的歼击机、歼击轰炸机所需的火控雷达。同时开始了水上飞机机头与侧视两种雷达的探索研制。但是十年动乱延误了进展，使雷达的试验、定型工作无法进行，有的雷达还中断了研制工作。

在数字技术的推动下，国外机载雷达现代技术在70年代已趋成熟。数字信号处理、数字数据处理技术的成熟和大规模集成电路的应用使微处理机从1975年开始应用于雷达，使雷达能进行自适应处理与控制，雷达内部以及与其他电子设备能进行数字数据传送，电视光栅扫描变换显示得以实现，实时地形测绘以多普勒波束锐化的形式获得近70倍角分辨力的提高，机内自检得以完善。低旁瓣天线、场效应低噪声接收前端、表声器件、力矩驱动电机、卡尔曼滤波技术等使机载雷达许多性能得到极大提高。频率捷变已广泛应用于抗干扰。数字化显示导致“隐蔽”和“寂静”工作方式的出现。机载雷达经30年发展，已具备了許多新的雷达功能：作用范围、跟踪精度、分辨能力都提高了1~2个数量级；抗人为干扰和背景干扰的能力极大提高；体积、重量、可靠性均较好地满足了飞机设计的要求；雷达维修简化；故障分析与隔离已计算机程序化，使机载雷达开始进入“真正多功能雷达”的新阶段，开始了控制与信号处理软件化的过程。70年代初期和中期，在竞争F-16轻型战斗机格斗雷达、F/A-18飞机多功能雷达和AWACS预警机雷达的研制活动中，美国六大厂商有十多种采用PD体制和一维相扫天线阵等先进技术的雷达展现了繁花似锦的局面。由于在格斗雷达研制中采用了“成本效益”设计思想，多功能雷达设计的指导思想仍为“多功能、高性能”，而空军对预警机雷达则要求突破三项极高性能的要求，最终出现了一批AN/APG-66、AN/APG-65、AN/APY-1/2等具有不同特色的突出雷达。相控阵雷达研制归结为RASSAR和EAR。这相继的二代雷达已经过长期充分的地面试验和空中试验。气象雷达更是百花齐放，大多已经数字化，最新型号已采用彩色显示。合成孔径雷达已取得25米线长度高分辨力，同时它向多频带、多极化方向发展。美国在70年代还开始了翻新旧雷达的“机载雷达共用性计划”、双基地机载雷达、微波全息雷达、谐波雷达、激光雷达以及毫米波雷达等课题的研究。世界其他先进国家也有许多新的雷达投入使用和进行研制。苏联由于获得美国机载雷达的PD与多目标跟踪技术而研制出具有下视、多目标攻击能力的雷达。中国机载雷

达研制工作者曾对无源相控阵、有源相控阵的基础理论和关键器件进行过间断的研究。在渡过十年停滞时期以后，继续进行了截击雷达、多功能雷达、旁视雷达的试验和设计定型工作。同时开始SAR和PD体制的研究。70年代末，终于开展了SAR样机、PD机载火控雷达与预警雷达的研制工作。

到了80年代，美国对一般的现代机载雷达的研制设计工作已经得心应手，新型号的研制速度很快。其他技术先进国家的雷达技术和型号产品也日趋成熟。美国的轻型飞机雷达走向轻型、组件化；高性能飞机的雷达走向多功能、软件化。在系统方面，加速了体现各种先进水平的EAR二维固态相控阵雷达的研制。在分系统方面，可编程序控制波形、微波辐射功率和回波处理等自适应雷达技术取得了进展。在元器件方面，半导体微波功率水平在X波段超过3.5W；VHSIC数字电路（英国为VHPIC）使处理机体积缩小到1/10。雷达平均故障间隔时间已超过100小时，美国新研制的AN/APG-67、AN/APG-68雷达的功能与AN/APG-65相似，但体积、重量和电耗都降低一半左右。在此基础上，1984年初出现的集多种新技术成果和PD雷达经过考验的硬件于一机的AN/APQ-164，体现了现代机载雷达的最高水平。气象雷达已普遍数字化和彩色显示化。英国Fox Hunter雷达经20年的研制已装备使用。苏联已有更多的飞机装备PD下视雷达，并配有中程有源制导弹对多目标进行跟踪和攻击。中国机载雷达研制进入攻关阶段。SAR经试飞已在试用；PD雷达已完成原理样机的整机试验，并继续进行总体研究和分系统的研制工作；利用开放条件多渠道引进国外先进技术。

机载雷达经过50年的发展，功能由简到繁，性能已能基本适应各种使用要求。体积重量虽在功能增加过程中有过上升，但随着半导体和大规模集成电路二项技术突破而最终使之下降。可靠性也曾因功能增加而降低，最终也因集成电路的使用而大为改善，日趋理想。

机载雷达的研制和生产不同于地面与舰载雷达，世界上只有为数不多的国家具有研制能力。在这些国家中，美国自1940年以来一直处于领先地位，每年投入数十亿美元的资金。英、法、意三国具有独立研制能力，但无论水平与产量都与美国有较大的差距。瑞典和以色列虽具有独立研制生产机构，但在技术上依靠美国，型号上单一发展。日本、荷兰、比利时等国只能按图纸生产。苏联虽然生产与研制能力都很强，但因其电子工业基础不够先进，技术水平尚不及英、法。由于几度引进新技术，使它能够有一定差距地跟踪美国已装备的产品。中国的仿制生产与研究、研制工作方面的实力与英、法、瑞典不相上下。世界各国研制计划中的型号虽多，真正生产装备飞机的恐怕不及其半。这种情况是与地面雷达相似的。但因飞机数量很大，机载雷达生产总数远比地、舰雷达为多。

目前，装用于各种飞机的各种用途机载雷达可以划分为以下九类：

- (一) 多功能攻击火控雷达（简称“多功能”或“火控”雷达）
- (二) 轰炸导航雷达
- (三) 机载预警雷达
- (四) 航行雷达（或称“气象雷达”）
- (五) 多普勒导航与测高雷达
- (六) 敌我识别雷达
- (七) 侦察与资源勘探雷达
- (八) 地形回避与地形跟随雷达
- (九) 对接与交会雷达

50年后的今天，雷达的含意已非造词时Radar的原意。现在雷达所利用的信息范畴和所具有



的功能已大为扩展。就机载雷达而言,除了最初十年那样利用回波的有无检测目标的存在,利用回波时延测定距离,利用回波到达角测定角度以外,还利用多普勒频率测速与分离杂波,利用几何图形或调制频率区别目标,利用极化获得目标对称性信息,利用回波分析目标表面及其介电特性。各种可利用的信息都在不同场合得到了实际应用。

## 二、现状

机载火控雷达是领先发展的类型。以空空使用为主的雷达中,美国AN/AWG-9系统是一部探测距离最远,能跟踪24个分散目标的最强截击雷达。AWACS系统的AN/APY-1/2雷达是一部采用PD、一维相控阵体制,适于各种地形上空使用,是具有最高技术水平的预警雷达。法国最高水平雷达是RDX和RDY PD雷达。英国的是Fox Hunter高PRF PD雷达。苏联Mig-29歼击机装有类似AN/AWG-9系统的雷达。以空面使用为主的雷达中,美国B-1A战略轰炸机装备的AN/APQ-164攻击雷达是具有波束锐化功能的最高水平雷达。F-111飞机的最新攻击雷达AN/APQ-169为提高分辨力使用了0.25微秒脉宽波形和脉冲压缩体制。多功能雷达最能体现全面的技术水平。美国F/A-18飞机装备的AN/APG-65雷达是功能最全(19种),同类雷达中性能最高(跟踪8个目标,对飞机探测距离120公里),LRU最少(仅有5个)和最可靠(MTBF 106小时)的型号。最新研制装备美国F-20轻型战斗机的AN/APG-67雷达具有最高的性能价格比。其性能与AN/APG-66雷达相当,但实验型MTBF已达200小时。美国最好的侧视雷达AN/APD-12是性能最好的AN/UPD-8侦察系统的主要部分。美国最新IFF询问机AN/APX-104采用全固态发射机,装备多种军用飞机用于空空与空海敌我识别。美国A-10攻击机的地形跟随/地形回避雷达允许飞机作贴地70米高度的飞行。气象雷达现有许多厂商大量生产。繁多的气象雷达大多采用平板缝阵天线、数字处理、彩色显示,可靠性达MTBF 1000小时。美国相控阵雷达自第三代EAR空中试验结束后,现已将其成果与最新的AN/APG-68雷达结合起来研制成装备B-1B飞机,能代替四部雷达的固态同时多功能、高可靠AN/APQ-164雷达。国外机载雷达型号之多难以计数。仅就美国军用编号的雷达而言,APA、APQ、APN、APS类就有近200种,APG类近70种。此外还有许多编号APD、APX、ASB、ASG、AVQ和AWG类的雷达。一个新型号发展周期一般为十年。难度较高的一代雷达的领先型号可能需要近二十年时间,而一个派生型号只需二三年时间。机载雷达的平均换代周期约为十年。

机载雷达所采用的体制比较丰富,有的体制甚至只有机载才能采用。单脉冲体制是取代圆锥扫描以改进雷达测量精度,抗干扰能力和获得某些工作方式而最早获得机载应用的体制。在与其它体制兼容中,通道合并技术也是花样翻新。目前看来最好的是时分割-90°相移合并法。跟踪雷达几乎都采用单脉冲体制;预警雷达用以测高;地形跟随雷达用以测俯角。连续波(CW)制导是目前尚在普遍地与脉冲雷达合为一体的补充体制。脉冲压缩(PC)体制普遍用于解决作用距离与距离分辨力矛盾和远程雷达中,它包括用表声器件的线性调频脉压与巴克码数字脉压。频率捷变(FA)体制日益普遍地应用,以利用它的探测性能好、海浪去相关、减小跟踪误差和抗干扰能力强等优点,无论磁控管非相参发射源或行波管相参发射源均可实现。为了抑制背景杂波,发展了二种体制。适用于低杂波强度的是较简单的机载动目标显示(AMTI)体制;适用于中、高杂波强度的是较复杂的脉冲多普勒(PD)体制。合成孔径(SA)和多普勒波束锐化(DBS)体制用于侧视和前视雷达提高方位分辨力。通常它与PC结合以获得二维高分辨力。多目标跟踪(MTT)是利用计算机使搜索雷达扩张跟踪功能的体制,也已广泛应用。相控阵体制的各种类型中,一维无源相控阵比较简单,已在预警雷达和试验型火控雷达中应用。二维无源或有源相控阵,由于成本和重量过高,尚未广泛应用。多波段、多极化是抗干扰,提高

精度和获取更多目标信息的好体制,由于系统过于复杂,只应用于资源勘探雷达和少数作战雷达中。旋翼雷达是一种将天线装入直升机旋翼以获得高分辨力的雷达。目前尚未实际应用。在电磁波谱扩展方面有毫米波雷达、红外雷达、激光雷达。这三种雷达测量精度和分辨力较好。由于短波长电磁波的大气衰减太大、激光波束过窄,目前它们只是作为雷达的补充部分。二者组合形成的系统可以提高抗干扰能力、分辨能力和测量精度。

机载雷达所采用的先进技术和器件也是很多的。决定雷达性能关键部件之一的天线,总的趋势是高效缝阵平板化。这种天线的效率可以高达0.6~0.8,旁瓣低达-50分贝。但在要求极宽频带和低成本时,仍采用修正卡塞格伦反射器天线或抛物面天线。全固态相控阵天线的收发单元功能块的使用可以避免使用高电压、大功率电真空发射管而促进了雷达的小型化与高可靠性。在技术上,目前已能满足机载要求。甘氏振荡器在X波段的功率可达10瓦。不能广泛使用的障碍在于成本和重量。低噪声微波接收放大已由场效应放大器替代了参量放大器。由于它的结构简单,工作稳定而得以广泛使用。肖脱基势垒二极管混频管的镜像调谐系统也常用于低成本雷达中。在X波段,接收机噪声系数早已达到3.5~5分贝的水平。由于放大功率管和高稳频率综合器的技术进展,相参收发技术应用得愈来愈多,因为它可以获取目标的相位信息,是CW、PC、PD、FA、SA、DBS等体制的基础。栅控功率行波管、可编程多模栅控行波管使高性能相参雷达、多波形多功能雷达的研制得以实现。多种脉冲重复频率和多种发射波形使雷达适应于不同功能、不同使用高度和不同的攻击方式。在可编程行波管和可编程信号处理机、数据处理机支持下,雷达就能自适应地、最有效地利用雷达能量获得最好的分辨能力、杂波抑制能力和抗干扰能力。随着大规模集成电路计划的实现并批量生产各种组件以来,雷达已广泛应用可编程信号处理机进行数字滤波、恒虚警处理,以从杂波和噪声中更好地提取有用信号;进行数字脉压、数字孔径合成和多普勒波束锐化以大幅度改进分辨力等等统一的信号处理工作。随着信号处理机在雷达中的广泛应用及其容量和速度的提高,无论空空或空地这二种要求极不相同的处理均能同机进行。微处理机的广泛应用,又使雷达的各项计算,各种跟踪回路控制,功能和参数控制,自适应处理,机内与外场检测都可以数字化,使现代控制理论得到实际应用。随着1978年开始的VHSIC计划的进展,将出现更大规模和更高速的数字电路。最终将有可能将极不相同的信号处理和数据处理统一编程在同一数字机中完成。在数字电路高速发展的同时,以表声器件(SAW)为基础的模拟滤波器由于它的频带宽、精度高而成功地用于线性调频脉压,它比体声器件体积重量小、稳定性高。以CCD器件为基础的数模处理器则在专用信号处理中可以比数字处理简单,体积重量也小。SAW和CCD结合处理更能充分发挥二者的优点。彩色电视光栅扫描显示也随着大容量数字电路的使用而在雷达中广泛使用。它不但减小了显示管尺寸,改进了清晰度,可用颜色区别信息。还为“冻结”图像能力和飞机座舱显示综合化提供可能。天线的驱动方式从电机转向大功率、高精度的液压方式以后,现在由于力矩马达的出现又普遍转回到这种更为方便的电驱动方式。雷达的控制指令、分系统间以及与外界其它系统间的信息传输已不再用电缆导线直接联接,而已广泛使用数据总线。目前使用较普遍的是美国MIL-STD-1553系统。光纤数传也已开始试探。计算机控制的机内自检可在最短时间内检测并隔离故障,显示并记录故障。它便于在人员不参与的情况下完成地面和空中监测和故障分析,因而减少了维修的时间和降低对维修人员水平的要求。最后,在雷达抗干扰方面,已有不少可用的技术。MP、FA、高比PC和PD体制本身就具有很高的抗干扰能力。低旁瓣天线和天线旁瓣对消技术大大降低了干扰电平。雷达开机数秒后即用“冻结”画面。停止雷达发射而只接收的“吸气”状态使雷达有良好的隐蔽性。它不但使敌方难于发现,并可免遭反辐射弹的攻击。可编程发射和信号

处理能自适应于干扰环境。它不管干扰能力如何，总能使雷达威力保持不变，因而使它仍然不失为战斗机驾驶员最有效的战斗工具之一。

### 三、展望

如同二次大战和历次技术突破促成了机载雷达的出现与高速发展一样，机载雷达的未来也取决于军事与国民经济对它的进一步要求，雷达使命所受到的挑战及技术上可能的新进展。未来军用机载雷达除去应对各种对空、对面先进武器提供目标信息的使命之外，它将受到目标的雷达反射截面积成数量级减小的“隐形”技术以及各种人为电子干扰和核爆炸所产生强电磁效应的严峻挑战。它的性能应与未来的军用载机和其装载武器相匹配。未来民用机载雷达主要用于辅助飞机自主航行和航空遥感。

首先，在机载雷达理论方面会深入多方面的研究。获取信息的概念的扩展与手段的多样化是最重要的。雷达信息从最初的有无检测发展到形状辨别；从距离和角度三维而后发展到增加了速度维，有了各种目标的频率特征信息；从单频单极化发展到了多频多极化，以获取更广泛的目标与背景信息。获取目标信息的新手段包括：用极短脉冲或高比脉压提高距离分辨力；用合成孔径或逆合成孔径提高角度分辨力；用对信号的细微频谱分析辨别飞机发动机、目标形状及其转动状况，区分威胁的程度；用多频多极化收集目标及环境的表面特征信息；用非线性接触效应获取材料构成信息；用逆散射获取目标尺寸和形状信息。同时，雷达系统带宽会由于高分辨力信号编码和频率捷变而大幅度提高；时间、空间参数由于处理时间的增长都会提高；信号编码方式除各种脉压编码、抗杂波脉串码外，会用伪随机码提高检测性能及抗干扰能力。雷达的信号处理理论会在非参量检测、FFT、恒虚警等基础上进一步发展最大熵等理论。此外，对背景和杂波的测试与理论分析归纳也必将深化。

作为雷达发展基础的器件，在技术和新体制上也有许多发展任务。雷达的波段会从传统的厘米波基础上开拓亚毫米波、红外和激光波段。虽然这些更短波长对物质的穿透性不好，但对表面特征反应细腻，适于海面、地表探测，其成象能力和分辨能力高，适于高分辨力、高精度测量应用。超低旁瓣天线的设计和相位误差自适应修正以及它与雷达罩的综合设计是提高天线多项性能指标必不可少的。天线的机械驱动方式除去特大天线用液压系统外将普遍采用力矩电机。半导体器件在砷化镓及更新的材料基础上的发展将使微波器件的功率进一步提高，噪声系数进一步降低，固态微波源的功率在X波段可望达10瓦以上，噪声系数可望降到1分贝。为了充分利用回波信息，将普遍采用全相参收发系统。放大链式发射机与磁控管振荡锁相相参系统都将普遍使用。频率捷变体制也将普遍使用。相控阵收发单元的功率水平将会在目前2瓦基础上继续提高。数字集成电路的VHSIC计划的全面实现会使各项性能指标成倍或有一二个数量级地提高，更适于飞机上使用。雷达的信号、数据处理功能会得到极大提高。两种处理得以一机统一编程处理。模拟处理的CCD、SAW器件则应用于专用雷达。雷达的三维线分辨力有希望提高到三米或更小。地面慢动目标得以实时显示与精密跟踪。战斗机火控雷达的控制和显示将在飞机中综合化，雷达不再保留单独的系统与装置。雷达功能、系统参数的自适应控制均由计算机通过数据总线进行。数据总线有可能使用光缆传送。需由人亲自干预的控制将用话音控制，以减少手动动作和控制装置。声控研究已有成效，预计必将得到完善。雷达显示将实现综合化和彩色化。显示装置的发展方向将是半导体平板显示器。以上这些器件和技术的应用必将使机载雷达的体积、重量和能耗大大下降，而可靠性会有一二个数量级提高。未来飞机上的雷达会比今天家庭的彩色电视机更便于使用，寿命期间几乎可以不用维修。也许，在2000年左右，技术先进国家就能达到这些目标。

在雷达体制方面也将有新的突破。计划中的新课题也许有几项会成熟并付诸应用。至少下列几项有可能首先得以应用。相控阵已经20年几代的探索，也是专家们普遍认为的雷达发展方向。在现已应用的AN/APQ-164、AN/APY-1/2和“水星-Ⅱ”雷达的基础上，机电扫描混合的有限电扫天线和全固态有源相阵用于战斗机都是可能的。在多频多极化高分辨力陆地遥感侧视合成孔径雷达继续进步的同时，海面遥感雷达会由于人类对海洋活动的扩展而扶摇直上。英国是这种体制的先导国家。一种利用地面大功率发射台和机载接收合成孔径的高分辨高频雷达可以获得海浪高度、方向和风速的信息。对空中和地面目标的雷达敌我识别问题的解决也许能找到新的途径。对飞机回波的频谱分析可根据发动机压气机特征确定飞机型号。对SAR测绘的目标闪烁特征的分析并与存储的地形特征相关可以确定目标。机载雷达共用性计划在可编程信号处理机的支持下既可以对旧有雷达的翻新，也可以在新雷达的设计中统一各类飞机、各型飞机的大部分雷达部件，从而延长机种寿命、降低生产、维护费用。

当前，机载雷达有许多新的系统计划在实施之中。其中规模最大的一项是美空军主持计划的陆、空军通用反坦克“联合监视目标攻击雷达系统”J-Stars。已有四家厂商研制样机准备投标，将于1989年决定生产。Westinghouse研制USN夜间/恶劣气象攻击雷达采用毫米波段、高性能地回/地跟雷达和地面动目标指示技术。Hughes公司研制的Pave动目标截获雷达采用PD侧视相控阵，电扫128°扇形。GE公司将组件式高生存力雷达成果用于多波束高生存力战场监视雷达的研制，并采用多波束、电扫相控阵侧视60°、数字脉压以及聚光式SA等技术。另一项是美国Westinghouse的超可靠雷达技术计划（URR），它拟采用有源单元相阵和VHSIC电路获得500飞行小时的非计划更换组合时间间隔。法国开始研制下一代战斗机空空和空地雷达RACASS/RDX，它采用二维电扫描并具有40种功能。瑞典开始研制下一代战斗机JAS-39的多功能雷达PS-05，它采用柔性波形、PC和SA体制。以上这些系统计划预计都在90年代初完成，并开始用新雷达装备飞机。

除此之外，机载雷达在新的战术与技术挑战面前还不断地探索着许多新概念、新课题，以对付隐形目标，抑制干扰，识别敌我，判别慢动目标航向，隐蔽雷达自身，充分利用电磁信息。对于对目标的攻击而言，做到发射武器后不管而能高度命中。被动雷达这种靠侦察电磁波定位的老技术随着波形参数分析技术的进步和微处理机应用的发展有可能发展为轻型的定位系统，它可使载机处于隐蔽地位。双基地机载雷达，这种将发射机和接收机分装两架飞机或分置空地两处，依靠高精度同步系统实现相参接收的系统，可以使发射机处于安全的后方，而让攻击机“寂静”地深入敌方纵深，除去能获得更大作用距离和可避免反辐射导弹对载机的威胁外，还可以控制杂波宽度。谐波雷达，这是利用辐射电波的谐波工作的雷达。由于一切带有缝隙或半导体材料的反射体会产生较强的谐波，可能是抑制背景干扰和对付“隐形”技术的一种办法，也可能是更改敌我识别体制的新途径。全频带共形阵，这是在相控阵体制的基础上实现收发单元按飞机外形布置，进一步再将飞机上从短波、超短波直至微波的全部无线电系统综合布阵而成为全频带共形阵。微波全息雷达用线阵天线获得高的横向分辨力，用合成孔径获得高的纵向分辨力。利用记录的微波全息经过光学系统的再现处理可以获得分辨力很高的三维可见图象。这是因为微波获取表面特征，较长波长的电磁波则可获取表面掩盖下的内部特征。这种雷达的下视三维图象能给侦察和勘探提供更多的信息。噪声波形的应用，由于这种波形有图钉型模糊函数，分辨力、检测性能都较好，且拟似噪声波形用作识别编码，有几年的使用周期。技术复杂、设备量大、高能致伤的激光武器已能击落飞行体。微波、毫米波雷达利用热能和人体生理反应使人致伤也是可能的途径。

从发展的观点看,未来的机载雷达当然是与飞机机体融为一体,与机上其他无线电设备综合。电磁波的产生与接收采用分布式固态器件;信息的获取和处理多样化、高速化;使用上完全自动化;在寿命周期内几乎无需维修;面对反雷达的人为干扰和隐形技术的挑战,雷达技术有它对抗发展的宽广道路。作为一种电磁波体外感官,机载雷达必将利用人类在技术发展和工业基础的高水平,扩展原来极窄的频谱范围和极低性能的视觉器官眼睛的作用,使它成为飞行人员有力的作战工具和人类认识自然的真正千里眼。

机载雷达的发展,首先要解决雷达与飞机机体的集成问题。雷达与飞机机体的集成,是指雷达的发射机、接收机、天线、显示器、控制设备等,都要与飞机的结构、重量、功耗、电磁兼容性等相协调。目前,机载雷达的集成度已经很高,但还有很大的发展空间。随着飞机机体的不断发展和雷达技术的不断进步,机载雷达的集成度将进一步提高,雷达与飞机机体的结合将更加紧密。

其次,机载雷达的发展,还要解决雷达的抗干扰能力问题。随着电子战技术的不断发展,雷达面临的干扰威胁越来越严重。为了提高雷达的抗干扰能力,必须采用先进的抗干扰技术,如自适应波束形成、智能波束跟踪、频率捷变等。同时,还要加强雷达的电磁兼容性设计,防止雷达自身产生的电磁辐射对其他电子设备造成干扰。

第三,机载雷达的发展,还要解决雷达的探测精度问题。随着目标隐身技术的不断发展,雷达的探测精度要求越来越高。为了提高雷达的探测精度,必须采用先进的探测技术,如高分辨率成像雷达、合成孔径雷达等。同时,还要加强雷达的信号处理技术,提高雷达的抗杂波能力和目标识别能力。

第四,机载雷达的发展,还要解决雷达的功耗问题。机载雷达的功耗是影响飞机性能和作战半径的重要因素。为了降低雷达的功耗,必须采用低功耗的器件和电路,优化雷达的功耗管理策略。同时,还要加强雷达的热管理设计,防止雷达过热影响正常工作。

第五,机载雷达的发展,还要解决雷达的维护问题。机载雷达的维护是保障雷达可靠性和使用寿命的关键。为了提高雷达的维护性,必须采用模块化设计,简化雷达的维护流程。同时,还要加强雷达的故障诊断和预测技术,提高雷达的维护效率。

第六,机载雷达的发展,还要解决雷达的电磁兼容性问题。机载雷达的电磁兼容性是指雷达在复杂的电磁环境中正常工作,同时不会对其他电子设备造成干扰的能力。为了提高雷达的电磁兼容性,必须采用先进的电磁兼容设计技术,如电磁屏蔽、滤波、接地等。

第七,机载雷达的发展,还要解决雷达的智能化问题。随着人工智能技术的不断发展,雷达的智能化已经成为必然趋势。为了提高雷达的智能化水平,必须采用先进的人工智能技术,如神经网络、模糊推理等。同时,还要加强雷达的智能化应用研究,提高雷达的作战效能。

## 编辑说明

一、本手册主要参考了原航空工业部第607所和628所合编的《国外机载雷达手册》、《JANE'S Avionics》、《JANE'S Weapon Systems》，并搜集和积累了国内外大量期刊、广告资料与图片汇编而成。各型号仅列出了其中主要参考资料。

二、各型号正文均按照统一格式编写，即分型号概貌、主要性能参数、分机概况、简要说明和参考资料五个部分，并插入适当的图表。内容视型号新旧主次情况而有所增减。大部分旧型号和一般资料较少的型号均列入了总表。

三、在正文叙述中，各种计量单位均用中文表示；在性能参数项和表格内均统一采用外文缩略形式。

四、为了查阅方便，书中专门编排了雷达型号总表、各国研制机构/雷达型号对照表、载机/雷达型号对照表。由于书中使用了大量缩略语和ATR尺寸（如1/2ATR），还专门列出了缩略语表和ARINC ATR电子设备箱体标准尺寸表，以备查考。此外还编入了国外常用雷达波段表和美国军用无线电电子设备代号表，供参考。

五、为了避免译名的一致和便于目录、总表和各对照表的编排，书中的雷达型号、名称、研制机构和载机均统一使用原文。

六、本手册的编排方法如下：

1、目录和正文按国家编排，国名按汉语拼音顺序排列，各国的雷达型号按字母和数字顺序排列；

2、为了查阅方便，雷达型号总表、各国机载雷达研制机构/型号对照表和载机/雷达型号对照表均不分国家和机种，统一按字母和数字顺序排列；

3、苏联的雷达，凡有英文名称的，均以英文字母顺序排列，仅有俄文代号的雷达，则按俄文字母排列；

4、苏联的载机均按国际上使用的英文名称排列，如Mig-21、Tu-16等；

5、中国的雷达，分别按英文（或汉语拼音）和代号排列，如JL-7、698等。前者排入英文字母顺序，后者单独排在最后；

6、为排表方便统一起见，中国的载机采用英文字母组成的名称（如A-5 II、F-7 III等），和沿用的拼音字母组成的名称（如Y-7），统排入英文字母顺序。为了区别，总表中的中国载机后面均注明了中文名称，如SB-5（水轰五）；

7、中国的雷达研制机构按汉语拼音排列于表后。

八、凡无正文的雷达型号均列入了雷达总表，并大多附有简要参数说明。

八、未正式投入生产使用的和与有关型号构成系列的（或改进型）部分雷达（如WX系列、Atlas和Varan等），一般都不以单独型号列入正文，其文字说明部分均以附录形式或附带说明部分列在有关雷达正文后面（如上述三种雷达分别列入AN/APG-66、AN/APG-65和Iguane雷达正文后）。但在总表中均单独列入，并注明了参见项。

## 缩略语表

|         |                 |                 |             |
|---------|-----------------|-----------------|-------------|
| AC      | 交流              | CV              | 航空母舰        |
| ACARS   | ARINC通信编址和报导系统  | CW              | 连续波         |
| A/D     | 模拟/数字           | DABS            | 离散地址信标系统    |
| AEW     | 机载预警            | DARPA           | 国防高级研究计划局   |
| AFC     | 自动频率控制          | dB              | 分贝          |
| AFCS    | 自动飞行控制系统        | dB <sub>m</sub> | 毫瓦分贝        |
| AGC     | 自动增益控制          | DBS             | 多普勒波束锐化     |
| AHRS    | 姿态航向参考系统        | DC              | 直流          |
| Airpass | 机载截击雷达与攻击瞄准系统   | Digitacs        | 数字式战术系统     |
| ALCM    | 空中发射巡航导弹        | DME             | 测距装置        |
| AMRAAM  | 先进的中程空空导弹       | DMTI            | 数字式动目标显示    |
| AMTI    | 空中动目标指示         | DPCA            | 偏置相位中心天线    |
| ANG     | 大西洋新一代          | DSARC           | 国防系统采购评审委员会 |
| ARPS    | 先进的雷达数据处理系统     | DSIS            | 数字软件综合台     |
| ASARS   | 先进合成孔径雷达系统      | DVS             | 多普勒速度传感器    |
| ASPRO   | 组合处理器           | DVST            | 直观存储管       |
| ASV     | 空对海搜索           | EAR             | 电捷变雷达       |
| ASW     | 反潜战             | ECCM            | 电子抗干扰       |
| ATARS   | 空中交通咨询分辨系统      | ECM             | 电子对抗        |
| ATDS    | 机载战术数据系统        | EFIS            | 电子飞行仪表系统    |
| ATE     | 自动测试设备          | EMD             | 马赛尔·达索电子公司  |
| ATF     | 先进战术战斗机         | EPROM           | 电可编程序只读存储器  |
| ATR     | 电子设备箱体尺寸标准(见附录) | ESAIRA          | 电扫机载截击雷达天线  |
| AWACS   | 空中警戒与指挥系统       | ESD             | 赛琪达索电子公司    |
| AWADS   | 全天候空投系统         | ESM             | 电子支援措施      |
| BIT     | 机内测试            | ETMP            | 加强地形伪装的突防系统 |
| BTH     | 超视距             | EW              | 远程警戒        |
| BVR     | 超视距             | FA              | 频率捷变        |
| Castor  | 集团军远距战场监视雷达     | FAA             | 联邦航空局       |
| CC      | 中心计算机           | FET             | 场效应晶体管      |
| CCD     | 电荷耦合器件          | FFT             | 快速傅里叶变换     |
| CDU     | 控制显示器           | FIT             | 飞行中检查       |
|         | 计算机显示单元         | FLIR            | 前视红外        |
| CEP     | 圆周概率误差          | FLR             | 前视雷达        |
| CFAR    | 恒虚警率            | FM              | 调频          |
| cm      | 厘米              | FMCW            | 调频连续波       |
| CMOS    | 互补金属氧化物半导体      | fps             | 英尺/秒        |
| COAC    | 杂波工作及杂波接收       | FSK             | 频移键控        |
| CPU     | 计算机中心处理装置       | ft              | 英尺          |
| CTR     | 阴极射线管           | FTC             | 快时间常数(电路)   |

|         |                       |         |                       |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| GaAs    | 砷化镓                   | LPI     | 低概率截击                 |
| gal     | 加仑                    | LPRF    | 低脉冲重复频率               |
| GD      | 通用动力公司                | LRR     | 轻型测距与警戒雷达             |
| GE      | 美通用电气公司               | LRU     | 外场可更换组件               |
| GHz     | 千兆赫                   | LSIC    | 大规模集成电路               |
| GM      | 地面地图测绘                | m       | 米                     |
| GMR     | 地面地图测绘雷达              | MARS    | 组件式机载雷达系统             |
| GMTI    | 地面动目标指示               | MASCOT  | Motorola 自动顺序计算机控制测试器 |
| GPS     | 全球定位系统                | mb      | 毫巴                    |
| GSDI    | 地速偏流角指示器              | MCOPS   | 兆复数运算/秒               |
| HPRF    | 高脉冲重复频率               | MHz     | 兆赫                    |
| h       | 小时                    | MICA    | 拦截与空战(导弹)             |
| $h_R$   | 无线电高度                 | min     | 分钟                    |
| HSI     | 水平位置显示器               | MLS     | 微波着陆系统                |
| HUD     | 平视显示器                 | mm      | 毫米                    |
| Hz      | 赫                     | MM      | 海上工作方式                |
| IAGC    | 瞬时动作的自动增益控制           | MMSBSR  | 多波束积木式强生存力战场监视雷达      |
| IAI     | 以色列飞机工业公司             | MOS     | 金属氧化物半导体              |
| ICW     | 间断连续波                 | MP      | 单脉冲                   |
| IDR     | 国际防御评论                | MPL     | 制造部件清单                |
| IDS     | 阻断/攻击型                | MPRF    | 中等脉冲重复频率              |
| IFF     | 敌我识别                  | mr      | 毫弧度                   |
| IMPATT  | 碰撞雪崩渡越时间二极管           | MRCA    | 多用途战斗机                |
| in      | 英寸                    | MSIC    | 中规模集成电路               |
| INav    | 惯性导航                  | MSIP    | 多阶段改进计划               |
| INS     | 惯性导航系统                | MSL     | 平均海平面                 |
| ISAR    | 逆合成孔径雷达               | MSR     | 多态监视雷达                |
| ITT     | 国际电报电话公司              |         | 积木式强生存力雷达             |
| J-STARS | 美陆、空军联合研制的监视/目标攻击雷达系统 | MTBF    | 平均故障间隔时间              |
| JTIDS   | 联合战术信息分配系统            | MTBR    | 平均修理间隔时间              |
| kg      | 千克                    | MTD     | 动目标检测                 |
| kHz     | 千赫                    | MTI     | 动目标指示                 |
| km      | 千米                    | MTTR    | 平均修复时间                |
| kn      | 节, 海里/小时              | mW      | 毫瓦                    |
| kVA     | 千伏安                   | NA      | 无                     |
| kW      | 千瓦                    | NAA     | 北美航空公司                |
| LAMPS   | 轻型机载多用途系统             | NASA    | 美国航空和宇航局              |
| Lantirn | 夜间低空导航与红外瞄准           | NASARR  | 北美搜索与测距雷达             |
| LASR    | Litton 机载搜索雷达         | NATO    | 北约组织                  |
| LASS    | 低空监视系统                | NAV     | 导航模式                  |
| lb.     | 磅                     | NAVSTAR | 卫星导航                  |
| LED     | 发光二极管                 | NAW     | 夜间/恶劣气象               |
| lit     | 升                     | NF(Nf)  | 噪声系数                  |
| Loran   | 远距离导航, “罗兰”           | n mile  | 海里                    |



|          |                   |         |                   |
|----------|-------------------|---------|-------------------|
| ns       | 毫秒                | $\mu$ s | 微秒                |
| NTDS     | 海军战术数据系统          | SHIU    | 悬停指示器             |
| OAS      | 进攻型航空电子系统         | SIT     | 空情                |
| OBS      | 全向信标系统            | SLAR    | 机载侧视雷达            |
| OFP      | 作战飞行程序            | SOS     | 蓝宝石硅(片)           |
| ORS      | 攻击型雷达系统           | Sotas   | 远距目标截获系统          |
| OTHT     | 超视距目标瞄准           | SRA     | 车间可更换组合           |
| PC       | 脉冲压缩              | SRL     | 系统研究实验室           |
| PD       | 脉冲多普勒             | SRU     | 车间可更换组件           |
| PDES     | 仰扫脉冲多普勒           | SSR     | 二次雷达              |
| PDNES    | 仰角静止脉冲多普勒         | ST      | 自检(系统)            |
| PLRS     | 定位和报告系统           | STARS   | 机动悬留气球雷达系统        |
| PPI      | 平面位置显示器           | STBY    | 通电备用(准备状态)        |
| PPS      | 脉冲数/秒             | STC     | 灵敏度时间控制           |
| PRF      | 脉冲重复频率            | SWT     | 边跟踪边扫描            |
| PROM     | 可编程只读存储器          | TA      | 地形回避              |
| PSI      | 驾驶员操纵指示器          | TACAN   | 战术空中导航,“塔康”       |
| PSP      | 可编程信号处理器          | Talons  | 战术低空导航攻击系统,“塔兰”   |
| RACAAS   | 空战和近程支援机载雷达计划     | TANS    | 战术空军导航系统          |
| RAF      | 英皇家空军             | TED     | 跟踪误差鉴别器           |
| RAM      | 随机存取存储器           | TF      | 地形跟随              |
| RASSR    | 可靠的先进固态雷达         | TFR     | 地形跟随雷达            |
| RCA      | 美国无线电公司           | TRAM    | 目标识别与攻击多路传感器系统    |
| RCS      | 雷达截面积             | TRT     | 电话和无线电通讯公司        |
| R/D      | 研究与发展             | TTL     | 晶体管-晶体管逻辑电路       |
| RDC      | 雷达数据相关处理器         | TV      | 电视                |
| RFA      | 英皇家海军辅助舰船         | TWS     | 边扫描边跟踪            |
| RHI      | 距离高度指示器           | TWT     | 行波管               |
| rms(RMS) | 均方根               | URR     | 超可靠性雷达            |
| RNav     | 区域导航              | USAF    | 美国空军              |
| ROM      | 只读存储器             | USN     | 美国海军              |
| ROMEO    | 障碍物回避毫米波雷达        | UTM     | 世界通用字母数字式横向麦卡托坐标系 |
| r/min    | 转每分               | V       | 伏,速度              |
| r/s      | 转每秒               | VA      | 伏安                |
| RTA      | 收发机天线             | VCO     | 压控振荡器             |
| RTR      | 接收发射机雷达           | VHSIC   | 甚高速集成电路           |
| SA       | 合成孔径              | VLSIC   | 超大规模集成电路          |
| SAR      | 搜索与空中营救<br>合成孔径雷达 | VOR     | 甚高频全向无线电信标        |
| SATF     | 攻击与地形跟随雷达         | Vortac  | 甚高频全向信标与塔康组成的导航系统 |
| SAW      | 声表面波              | V/STOL  | 垂直短距起落            |
| SCV      | 杂波中可见度            | W       | 瓦                 |
| SDC      | 信号数据转换器           | $\mu$ W | 微瓦                |
| SDU      | 信号数据单元            |         |                   |
| sec.     | 秒                 |         |                   |