



# 机载雷达手册

Airborne Radar Handbook

中航雷达与电子设备研究院

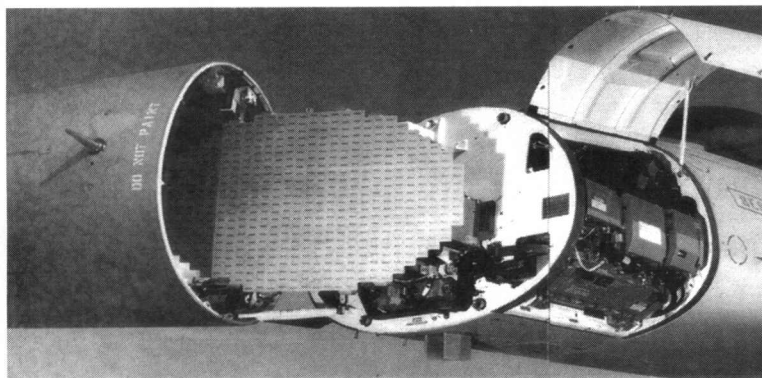
国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

*Airborne Radar Handbook*

# 机载雷达手册

中航雷达与电子设备研究院



国防工业出版社

• 北京 •

## 内 容 简 介

《机载雷达手册》是由从事机载雷达研究、设计的技术与信息专家共同编著,以产品为内容单元的最新工具书。共介绍型号近 300 个,刊用图片 300 余幅。编入手册的研制国家有 12 个,几个国家联合开发编入国际合作。其中美国项目最多,苏联/俄罗斯新增的项目最多。在雷达类型方面侧重于火控、预警与监视、地形回避与地形跟随等军用雷达,也有资源勘探、气象(航行)和进场/着陆等民用雷达。每个型号按图片,型号概貌,技术特点,性能数据,分系统,研制、试验、销售、装备情况和参考文献等栏目编写;正文前有“编写说明”和“机载雷达发展概况”;正文后有型号索引和各种对照表。

本手册读者对象为机载雷达的用户、研究设计工程技术人员,以及该领域的高等院校师生。

### 图书在版编目(CIP)数据

机载雷达手册 / 中航雷达与电子设备研究院.  
—北京:国防工业出版社,2004.8  
ISBN 7-118-03463-0

I. 机... II. 中... III. 机载雷达—手册  
IV. TN959.73-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 038920 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

\*

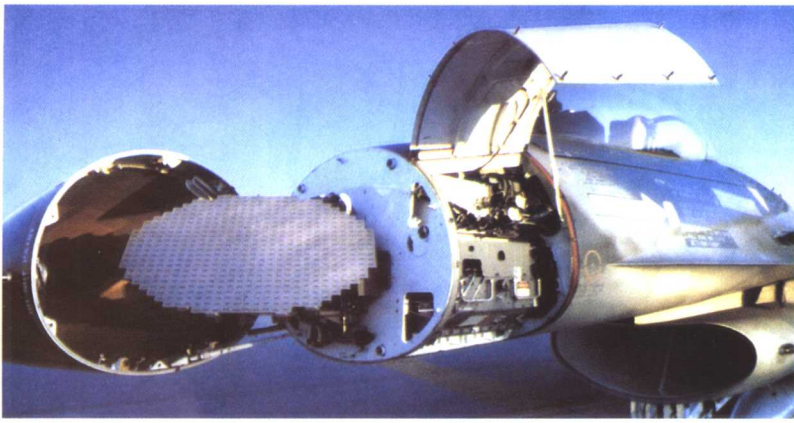
开本 787×1092 1/16 印张 30 $\frac{3}{4}$  插页 8 1080 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

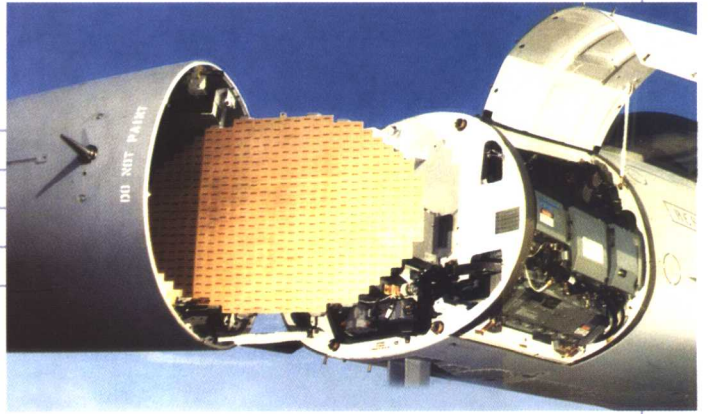
印数:1—1580 册 定价:98.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

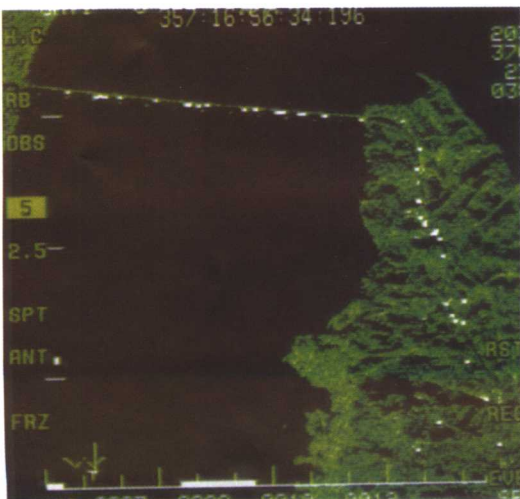


美国 AN/APG-66 (V) 多功能数字化火控雷达



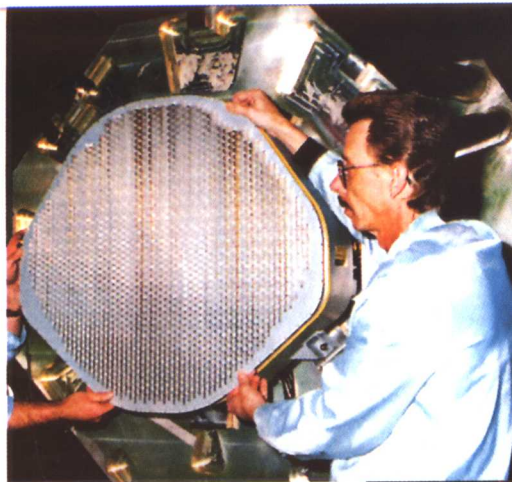
美国 AN/APG-68 多功能数字化火控雷达

美国 AN/APG-76 合成孔径雷达图像 (白点为动目标)

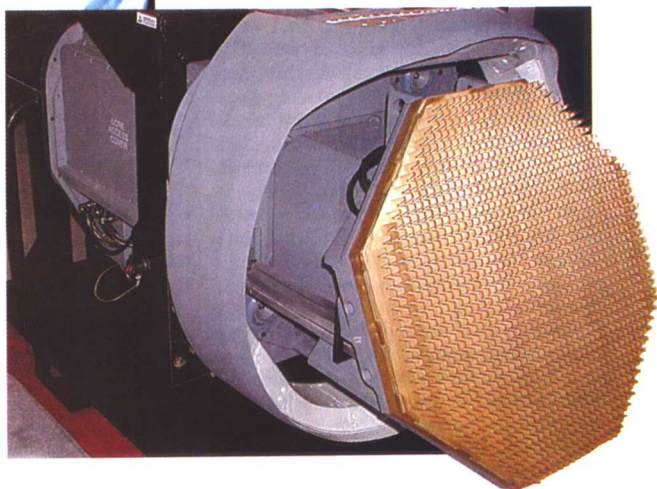


美国 AN/APG-63 (V) 2 相控阵雷达安装在 F-15C 飞机上





美国 AN/APG-77 雷达的早期天线阵面



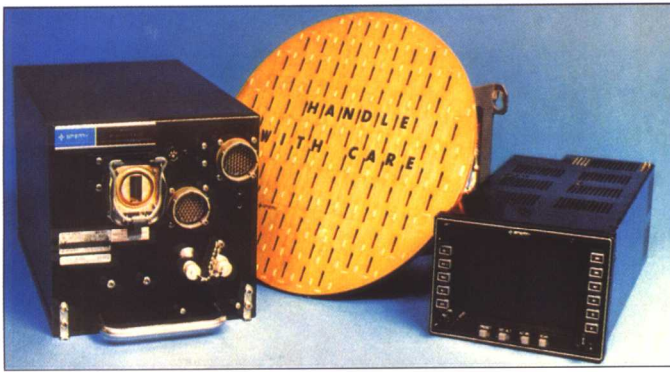
美国 AN/APG-79 有源电扫阵列火控雷达



美国 Sea View 雷达及其 ISAR 显示图



美国 AN/APY-1/2 预警和控制系统雷达天线在转运车上



美国 Primus-800 彩色气象雷达及其显示画面



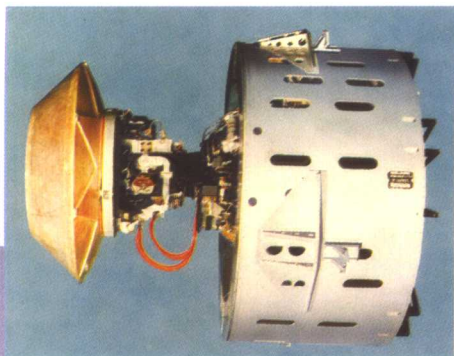
美国 Lockheed 公司的 S-3 预警机方案

美国预警机 E-3A



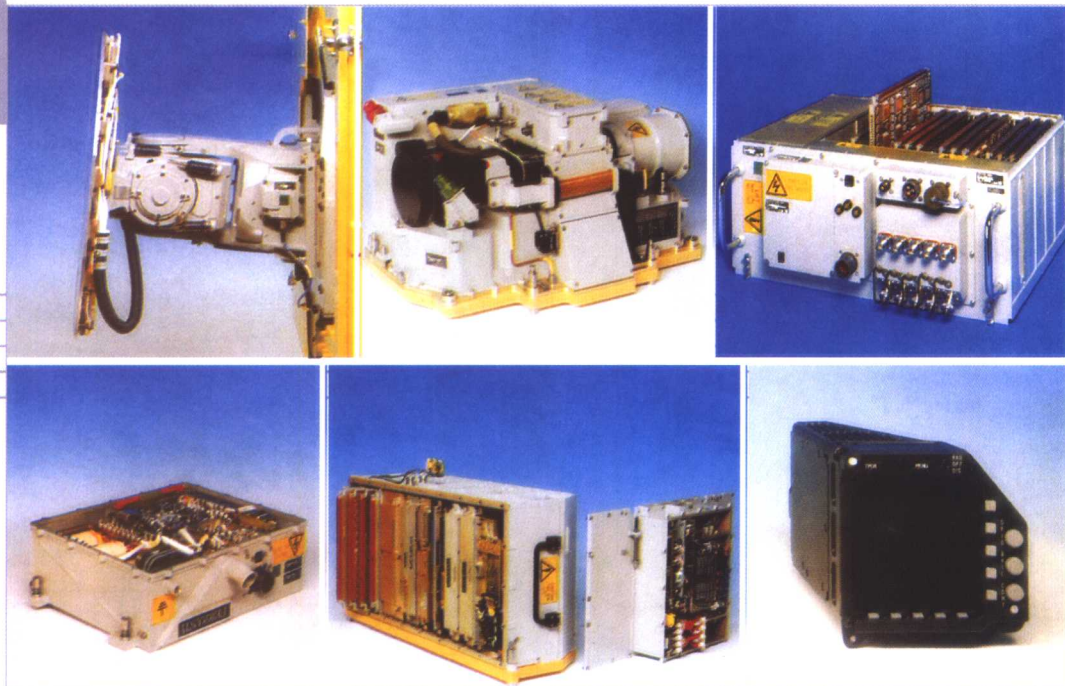
美国空中监视飞机 E-8C





英国 Foxhunter (AI24) 多功能截击雷达

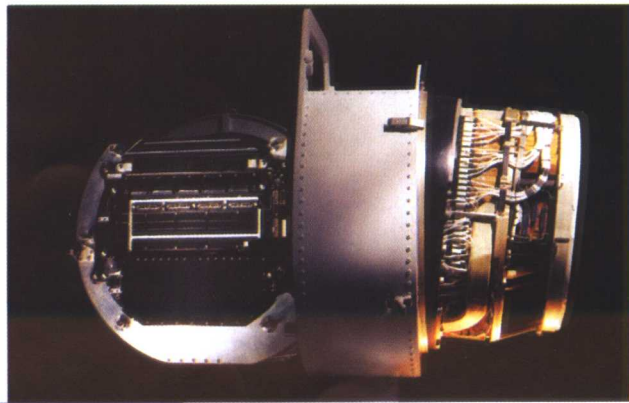
英国 Blue Vixen 多功能截击雷达的 6 个分机

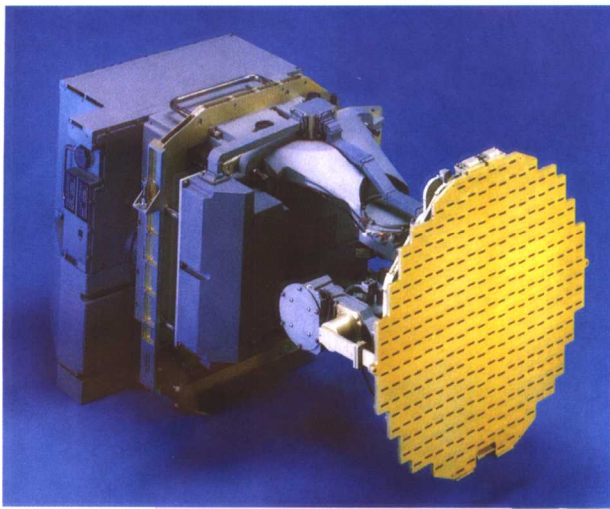


法国 RDY 多目标火力控制雷达



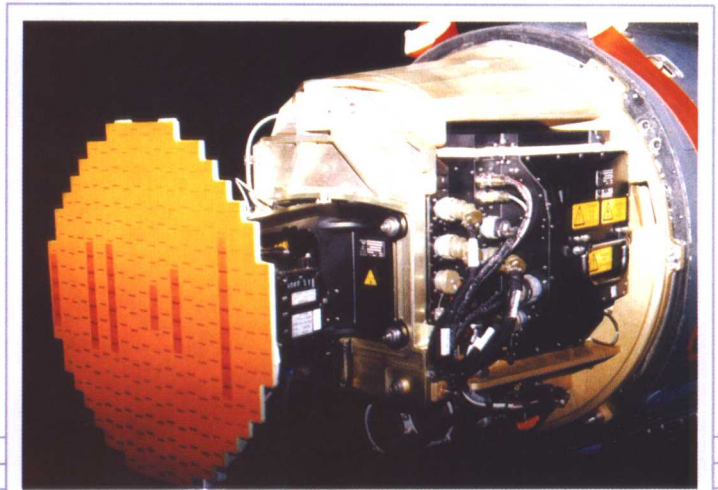
法国 RBE2 无源相控阵雷达





以色列 EL/M-2035 多功能火控雷达

以色列 Phalcon 预警飞机



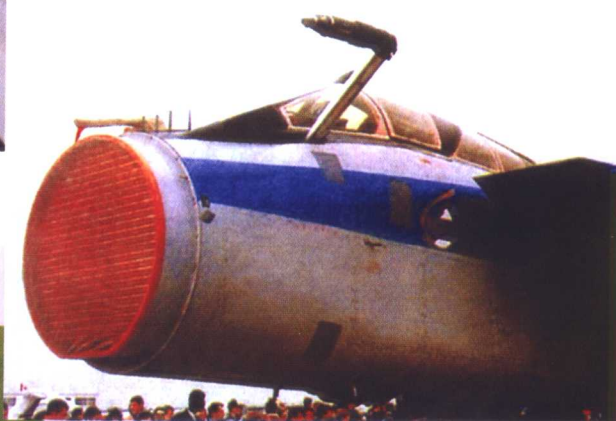
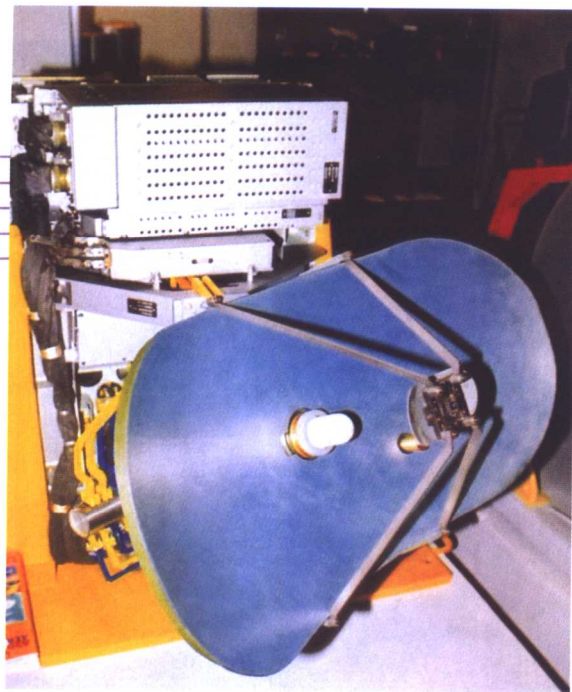
意大利装备 Mirage III 飞机的 Grifo M 雷达



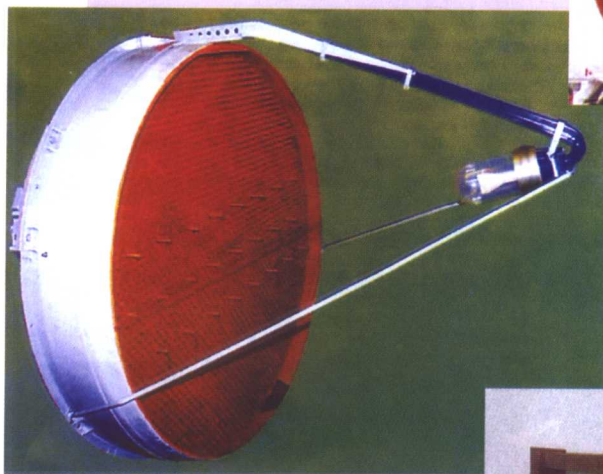
意大利 Creso 战场监视雷达



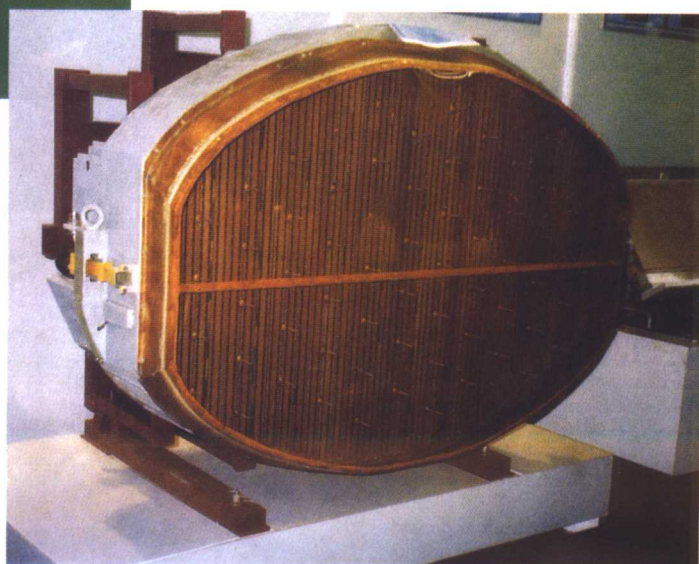
俄罗斯 Арбалет 战斗直升机雷达



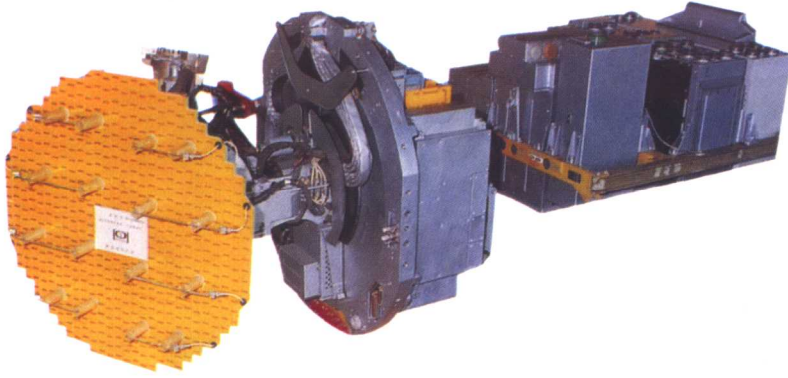
俄罗斯 Su-35 和 Su-30MK1 相控阵雷达



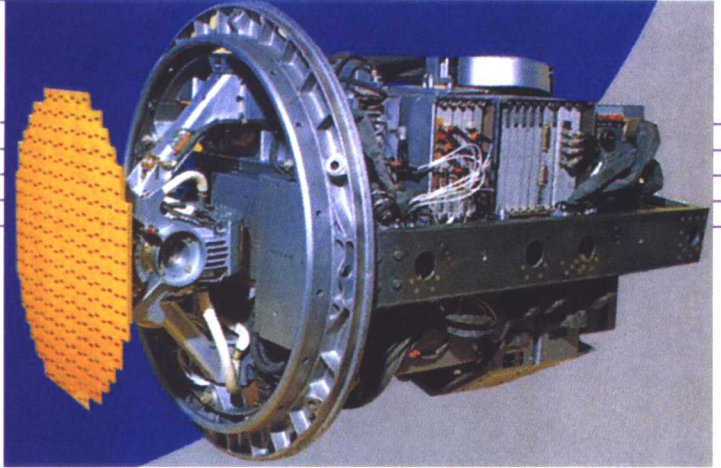
俄罗斯 Su-32 的相控阵雷达天线



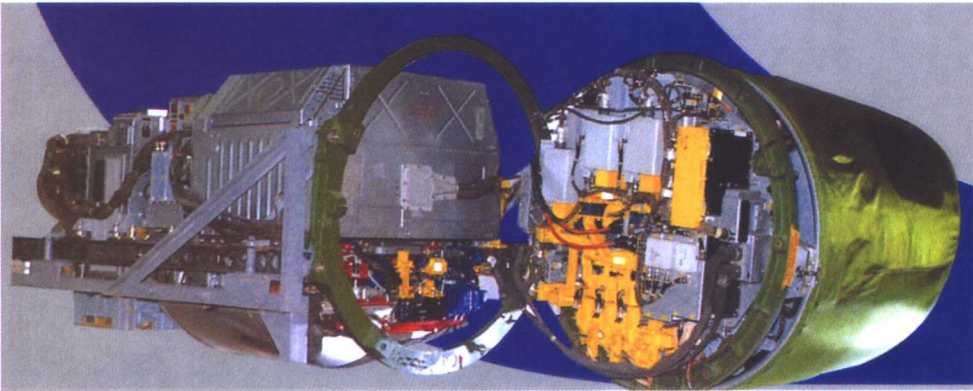
俄罗斯ЖУК(甲虫)火控雷达



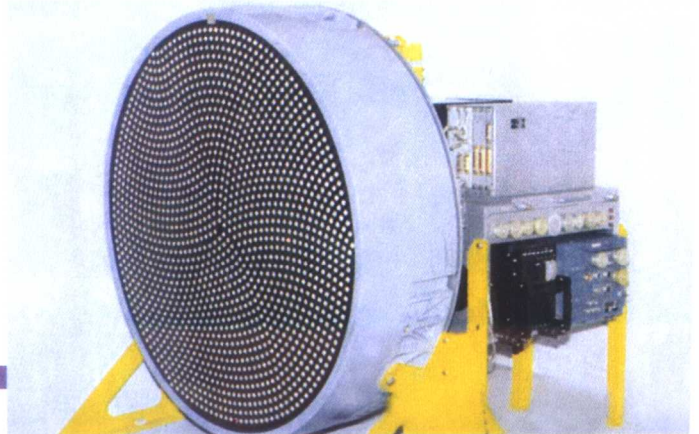
俄罗斯Копье(标枪)机载雷达

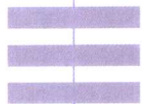


俄罗斯Topaz (Slot Back) 多功能火控雷达



俄罗斯ЖУК-МС Ф3相控阵雷达

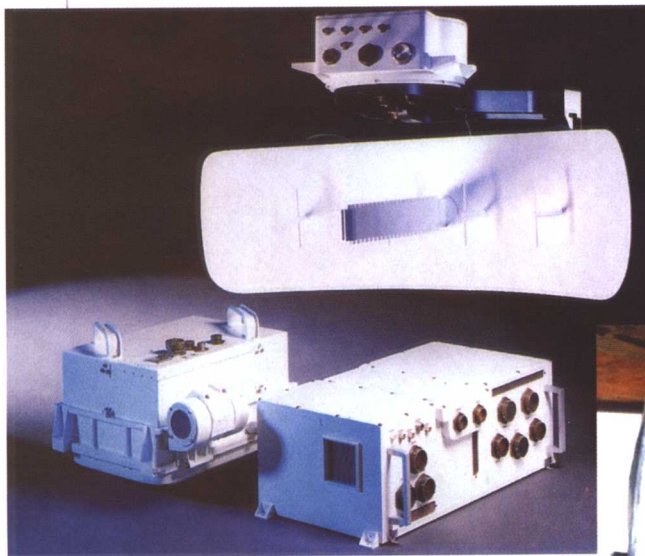




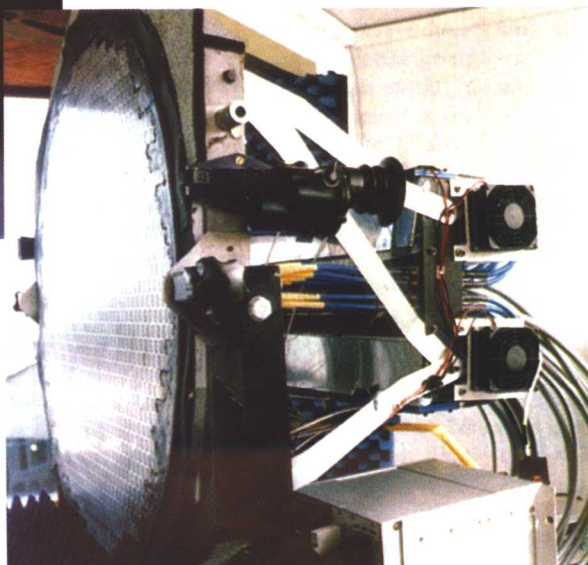
瑞典 Carabas 超宽带合成孔径雷达在飞机上



瑞典预警飞机



国际合作 Ocean Master 对海监视雷达



国际合作 AMSAR 相控阵雷达天线 PACER 试验样机

# 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，还能够穿透云雾、黑夜、地表、冰层和战场伪装。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。因此，机载雷达已成为各种航空器不可缺少的航空电子设备。为纪念航空百年和适应我国航空事业的不断发展，中航雷达与电子设备研究院出版了这本《机载雷达手册》。

1975年由第三机械工业部第六〇七研究所和六二八研究所共同编辑出版了我国第一册《国外机载雷达手册》，其中汇集了机载雷达30年间的型号资料。1989年由航空工业部第六〇七研究所牵头，在航空工业部六一五研究所和电子工业部第十四研究所参与下补充15年间新资料编辑出版了《世界机载雷达手册》，该手册收入部分中国和苏联的型号资料。现在我们选用《国外机载雷达手册》和《世界机载雷达手册》中的部分资料，同时参考了大量简氏年鉴和DMS国际预测资料，对老型号进行了筛选并对所选用的型号资料作了修订；手册又以大量的篇幅补充了近10余年新出现的雷达型号和技术资料。本手册编选的雷达类型限于火力控制雷达、轰炸雷达和导航雷达、预警和监视雷达、地形回避和地形跟随雷达、气象（航行）雷达和进场/着陆等雷达。限于条件，多普勒导航雷达、敌我识别和其他二次雷达、雷达告警接收机和雷达高度表均未编入。此次编入手册的机载雷达的研制国家有12个，几个国家联合开发编入国际合作。本手册介绍的雷达大部分为正在使用或正在研制的型号，部分为不再生产或已退役但技术上仍具有代表性、阶段性的型号。正文介绍的型号近300个，刊用图片300余幅。为了方便读者，正文前后有附表和有关资料可供查阅。“机载雷达发展概况”可帮助读者概略了解机载雷达的历史、现状和对未来的展望。为了向科技人员提供较多有用的信息，对某些重点型号作了较大篇幅的介绍。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的查阅工具书，也是相关专业科研人员、专业技术人员和高等院校师生了解机载雷达领域发展概况和现代技术水平的参考书。

《机载雷达手册》在有关领导机关的关怀和有关部门的支持下，在机载雷达科研机构的技术与信息专家的共同努力下，现在出版了。对此，特向他们致以谢意！书中不足之处，敬请读者提出宝贵意见，以便今后再版时加以改进。



2004年8月

## 编写说明

1. 本手册主要参考了原航空工业部第六〇七研究所和六一八研究所于 1975 年合编的《国外机载雷达手册》、1989 年由航空工业出版社出版的《世界机载雷达手册》、大量的简氏年鉴和 DMS 国际预测资料、从因特网和展览会等渠道搜集和长期积累的国外文献与图片等。各型号均列出了主要的参考文献。

2. 各型号内容均按照统一格式编写，首先给出型号概貌，然后分别介绍技术特点，性能数据，分系统，研制、试验、销售、装备情况和参考文献，并插入适当的图表。内容多少视型号新旧主次情况和参考文献多少而有所不同。

3. 为了查阅方便，手册中专门编排了机载雷达型号索引，载机/雷达型号对照表，研制生产机构/雷达型号对照表，配用武器型号、英文名称、中文名称、国别及类型对照表。手册中使用了一些缩略语或用英文字母表示的术语，列出了英文字母组与汉语释意对照表。由于手册中介绍的雷达频段、波段有新、旧 2 种，编入了常用机载雷达频段、频率、波长对照表；由于美国军用装备雷达普遍采用 AN 代号，手册中编入了美国军用无线电电子设备代号。因手册中使用了 ATR 尺寸，专门列出了 ARINC ATR 电子设备机箱标准尺寸，以备查考。还由于少数型号中使用了习惯的英制单位，还编入了本手册公、英制基本单位换算关系，以便换算。

4. 为了避免译名的一致和便于目录、索引和各对照表的编排，手册中的雷达型号、名称，研制机构名称，载机名称或编号以及配用武器名称均统一使用原文。附录中提供了这些名称的部分常用中译名，仅供参考。

5. 本手册的编排方法如下。

(1) 目录和正文按国家和国际合作英文名称的字母顺序编排，各国的雷达型号按字母和数字顺序排列。

(2) 为了查阅方便，机载雷达型号索引、载机/雷达型号对照表和研制生产机构/雷达型号对照表均不分国家和机种，统一按先英文字母后俄文字母和数字顺序排列。

(3) 苏联和俄罗斯雷达中使用俄文名称的雷达，按俄文字母顺序排列在前，其北大西洋公约组织（以下简称北约）命名的英文名称在括号中；使用英文名称的雷达，以英文字母顺序排列在后。

(4) 苏联和俄罗斯的载机均按国际上使用的英文名称排列，如 Mig-21、Tu-16 等。

(5) 部分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 等），没有以单独型号列入正文，而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 2 种雷达分别列入 AN/APG-66、AN/APG-65 雷达正文之后）。

# 机载雷达发展概况

## 一、回顾历史

世界上第1台机载雷达出现在英国。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，英国批量生产的首批米波段空对水面搜索雷达ASV/ASV II型和空空截击雷达AI型装备飞机并投入使用。1940年2月，磁控管在英国研制成功，使机载雷达进入微波波段时代。英、美的国际合作使雷达技术与生产迅速取得成效，并在1942年开始批生产。当时雷达的功能比较简单，只具备无线电探测与测距的功能，即雷达(Radio Detection and Ranging)一词的含义，用于空对地(海)面的探测和轰炸，以及空空探测和简单跟踪。机载雷达经过60多年的发展，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，但随着大规模半导体集成电路和数字化技术的快速发展而最终下降。可靠性也曾因功能增加而降低，目前已大为改善，日趋理想。

机载雷达的研制和生产不同于地面与舰载雷达，其使用环境苛刻，性能要求特殊，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。英国、法国、意大利、加拿大4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，型号单一发展。苏联和现在的俄罗斯虽然生产与研制能力都很强，能及时获取新技术，但因其电子工业基础不够先进，技术水平尚不及美国，能够有一定差距地跟踪美国已装备的产品。与地面雷达相似，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，但因为航空器数量很大，机载雷达生产总数远比地面与舰载雷达多。

目前，不同航空器装备的各种用途机载雷达可以划分为以下10类。

- (1) 多功能攻击火控雷达(简称多功能或火控雷达)。
- (2) 轰炸、导航雷达。
- (3) 机载预警雷达。
- (4) 监视与资源勘探雷达。
- (5) 地形回避与地形跟随雷达。
- (6) 气象雷达(或称航行雷达)。
- (7) 多普勒导航雷达、测高雷达(本手册未涉及)。
- (8) 敌我识别雷达及其他二次雷达(本手册未涉及)。
- (9) 雷达警告接收机(本手册仅涉及个别产品)。
- (10) 进场/着陆雷达(本手册仅涉及个别产品)。

进入新世纪的今天,雷达的含意已非 Radar 的原意。现在雷达所利用的信息范畴和具有的功能已大为扩展。最初 10 年的机载雷达,是利用回波的有、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,现在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。表 1 列出了机载雷达在 20 世纪 30 年代~90 年代的各项技术进展。

## 二、综述现状

机载雷达经过 60 多年的飞速发展至今,不但军用机载雷达已经成为各种军用航空器必不可少的重要电子装备,而且其性能的优劣也成为航空器性能的重要标志。在大、中型民用航空器中,为了保证飞行安全与能够全天候航行,机载雷达也是不可缺少的。目前与未来的军用航空器的总成本中,机载雷达所占比例为 8% 以上。在现代空战中,机载火控雷达的性能往往比飞机本身的飞行性能更能决定空战的胜负。国外机载雷达型号之多难以计数。仅就美国军用编号雷达而言,APA、APQ、APN、APS 类各有 200 种上下,APG 类 80 种。此外还有许多编号 APD、APX、AXB、ASG、AVQ 和 AWG 类的雷达。一个新型号发展周期一般为 10 年。难度较高的一代雷达的领先型号可能需要近 20 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 10 年。21 世纪初期主要研制国家主要航空器装备的各类机载雷达及其主要技术特征如表 2 所列。

21 世纪,世界已进入信息时代。信息不但与物质、能量一样成为构成客观世界的要素,而且其作用日益明显。机载雷达作为航空器获取信息的最主要设备,将会发挥更加重要的作用。现在,机载雷达获取的信息已经发展到目标距离、角度(俯仰、方位)、速度这四维参数的测量和目标频率特性的分析;发展到利用宽频、多极化以获取更广泛的目标与背景的信息。这些信息获取技术要求雷达采用相参接收、数字处理、天线波束控制等新技术。雷达的工作频段将向 2 个方向扩展,高端为毫米波、红外和激光频段;低端为分米波和米波频段。雷达辐射能量的产生、辐射、波束控制和接收将转由固态相控阵的收发组件完成;继而与航空电子系统的其他电磁波敏感设备综合;进而成为整个地、空、天大信息网中的一个节点。雷达的信号、数据处理将进一步数字化和综合化,把空勤人员的工作量减少到最低程度;雷达的控制和显示将由光纤数据总线传送融合在航电系统之中,显示在综合彩色平板显示器或头盔显示器上。雷达的可靠性和可维修性会有很大的提高;有源相控阵天线的柔性能下降特性可使之最终达到使用期内不需要维修。

## 三、展望未来

机载雷达的未来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及其装载武器相匹配。未来民用机载雷达主要用于辅助飞机自主航行、航空遥感和盲目

表 1 20 世纪机载雷达技术发展年代代表

| 年代 | 重大事件  | 代表著作  | 频段发展                     | 电路  | 天线                                 | 控制与显示   | 信息传输         | 综合化、网络化                                       |
|----|---|---|--------------------------|---|------------------------------------|---------|--------------|---|
| 30 | 1935 年雷达问世 (英)<br>1937 年雷达装上飞机<br>1939 年批量装备部队  |   | 米波、分米波段                  |   | 八木阵子<br>收发分阵                       | 阴极射线管   |              |   |
| 40 | 1940 年磁控管问世 (英)<br>批产上百种型号 (英、美、俄、德)<br>新技术: MTI、空地传输中继<br>1945 年二战结束<br>雷达技术总结提高, 建立三项理论 | MIT 辐射实验室<br>雷达丛书 28 卷                              | 厘米波段                     | 电子管、模拟电路  | 收发共用<br>反射面天线<br>机械驱动              | 存储阴极射线管 | 多芯电缆<br>分传信息 | 含模拟计算机的火控系统<br>交联红外搜索、跟踪系统                    |
| 50 | 1953 年 PD (HPRF) 启动<br>1957 年合成孔径技术<br>1959 年单脉冲角跟踪技术、地形回波功能                              |   | 红外无源雷达                   |   | 缝阵列天线<br>(AEW 用简单<br>天线)           |         |              |   |
| 60 | 多种导弹制导火控系统<br>多种型号地形跟踪雷达<br>脉冲压缩、相控阵技术<br>栅控行波管问世 (美)                                     | 导弹设计原理丛书《机载雷达》<br><br>《雷达手册》第 1 版                   | 激光器出现<br>机载测距器<br>毫米波试验机 | 晶体管、集成电路<br>(模拟、数字)   | 开始研制相控阵<br>雷达<br>简单平板阵列            |         |              |   |
| 70 | 数字 AMTI<br>PD (MPRF) 启动<br>PD (全波形) 启动<br>SAR → DBS<br>实现真正多功能<br>提出“成本效益”、“BIT”、数字化      | 《国外机载雷达手册》(中国版)                                     | 频率捷变                     | 微处理器开始使用<br>数字信号处理<br>场效应低噪声器件<br>模块化验证机<br>可编程信号处理<br>信号处理与数据合并<br>雷达间模块通用 | 多波束、低旁瓣<br>平板阵列天线<br>一维无源相控阵<br>天线 | 电视光栅扫描  | 数据总线         | 机载雷达共用性计划<br>DAIS                             |
| 80 | 低截获概率技术<br>组件(模块)化、软件化<br>MTBF 超 100h   | 《机载雷达导论》第 1 版<br><br>《世界机载雷达手册》(中国版)<br>《雷达手册》第 2 版 |                          |   | 无源相控阵雷达                            | 功能自选与控制 |              | 提出 Pavé Pillar(宝石<br>柱)计划                     |
| 90 | 逆合成孔径<br>低速度目标探测<br>MTBF 达 200h   | 《机载雷达导论》第 2 版                                       | Ka 波段                    | 模块化设计   | 低 RCS 天线<br>有源相控阵                  | 平板显示器   | 光纤传输         | 实现 Pavé Pillar 计划<br>提出 Pavé Pace (宝石台)<br>计划 |



表 2 21 世纪初期主要研制国家主要航空器装备的各类机载雷达及其主要技术特征

| 航空器类别 | 国别     | 航空器型号          | 雷达型号                             | 雷达的主要技术特征   |
|-------|--------|----------------|----------------------------------|---|
| 战斗机   | 美国     | F-15E          | AN/APG-70                        | X 波段, 全数字化全波形脉冲多普勒体制, 对空, 对地多功能。                            |
|       |        | F-15C          | AN/APG-63(V)2                    | APG-63(V)2 采用有源二维相控阵天线                                      |
|       |        | F-16C/D        | AN/APG-68                        | X 波段, 模块化数字化全波形脉冲多普勒体制, 多功能。                                |
|       |        | F-16 出口型       | AN/APG-80                        | APG-80 采用有源二维相控阵天线  |
|       |        | F/A-18C/D      | AN/APG-73                        | X 波段, 模块化脉冲多普勒体制, 能跟踪单个地面目标。                                |
|       |        | F/A-18E/F      | AN/APG-79                        | AN/APG-79 采用有源二维相控阵天线                                       |
|       |        | F-22           | AN/APG-77                        | X 波段有源二维相控阵天线, 20 种工作方式, 属“宝石柱”综合航空电子系统                     |
|       |        | F-35           | 航空电子 ISS 中 (AN/APG-81)           | 高频, 超高频, 微波 (2GHz~18GHz) 多频段共孔径综合雷达、EW、CNI 各功能。机载光电探测系统数据融合 |
|       | 俄罗斯    | Mig-31         | CBM-16 (Zaslon)                  | X 波段, 无源二维 1.1m 直径相控阵天线, 脉冲多普勒体制, 多目标攻击, 后向攻击               |
|       |        | Mig-35 (Su-35) | PII-35 (ZhuK PH)                 | X 波段, 无源相控阵天线、脉冲多普勒体制, 多功能, 多目标攻击                           |
|       |        | S-37           | N011M                            | X 波段, 无源相控阵天线, 全数字化多功能雷达, 同时视后向攻击                           |
|       | 欧洲     | EF2000         | AMSAR                            | X 波段, 固态有源二维相控阵天线, 前视、左右侧阵 8 个~32 个子阵                       |
|       | 法国     | Rafale         | RBE-2                            | X 波段, 无源二维相控阵天线, 空空、空地和空海多功能, 光纤传送                          |
| 瑞典    | JAS-39 | PS-05/A        | X 波段, 全数字化多功能脉冲多普勒体制。改进型将采用有源相控阵 |   |
| 日本    | F-2    |                | X 波段, 有源二维相控阵天线, 脉冲多普勒体制, 多功能    |   |
| 远程轰炸机 | 美国     | B-1B           | AN/APQ-164                       | X 波段, 无源二维相控阵天线, 47% 插件与 APG-68 雷达通用                        |
|       |        | B-2            | AN/APQ-181                       | Ku 波段, 无源二维相控阵天线, 双通道冗余度, 21 种工作方式                          |
|       | 俄罗斯    | Tu-160         |                                  | 缺资料, 按 Tu-16、Tu-142 装备推测, 雷达性能劣于 AN/APQ-164                 |
| 武装直升机 | 美国     | AH-64D         | AN/APG-78                        | Ka 波段毫米波, 制导发射后不管 Hellfire 反装甲导弹                            |
|       |        | RAH-66         | APG-78 小型化                       | Ka 波段毫米波, 在 APG-78 基础上小型化                                   |
|       | 俄罗斯    | Mi-28N         | АРЕАЛЕТ                          | 毫米波波段, 旋翼轴顶安装, 球形雷达罩, 360° 扫描                               |
|       |        | Ka-52          |                                  | 毫米波波段, 旋翼轴顶安装, 球形雷达罩, 360° 扫描                               |
|       | Ka-60  |                | ? 波段, 具有与美国 RAH-66 相匹敌的战斗能力      |   |
| 预警监视机 | 美国     | E-2C           | AN/APS-145                       | 甚高频波段, 数字动目标检测、平台运动补偿、自动检测/跟踪                               |
|       |        | E-3A           | AN/APY-1/2                       | S 波段, 无源俯仰相扫天线, 高脉冲重复频率脉冲多普勒体制                              |
|       |        | E-8            | AN/APY-3                         | ? 波段, 三子阵无源方位相扫天线, 合成孔径高分辨力测绘                               |
|       |        | Boeing 747-200 |                                  | S 波段, 机身上背驮的矩形有源相控阵天线, 以 MMIC 为基础                           |