

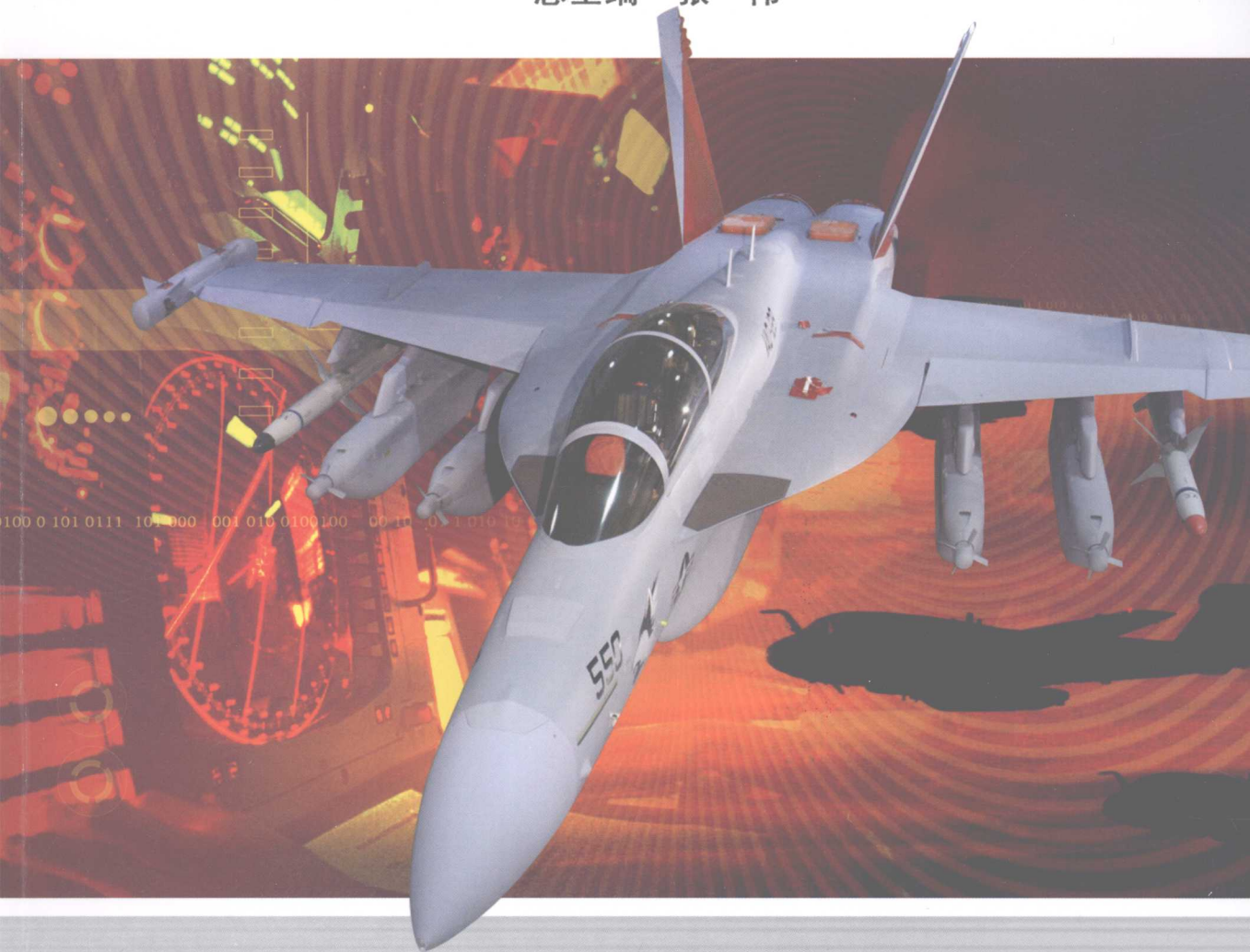
空军装备系列丛书

E C M E Q U I P M E N T

# 电子对抗装备

《空军装备系列丛书》编审委员会 编

总主编 张 伟



航空工业出版社

空军装备系列丛书

# 电子对抗装备

《空军装备系列丛书》编审委员会 编

总主编 张 伟

航空工业出版社

北 京

## 内 容 提 要

本书全面、系统地介绍了飞机自卫电子对抗装备、地面雷达对抗装备、地面通信对抗装备、地面光电对抗装备、引信对抗装备、计算机网络对抗装备和综合电子对抗装备的作战用途、种类和技术特点,重点介绍了现代电子对抗装备的组成、工作原理以及未来的发展趋势。

本书内容深入浅出、语言通俗易懂、图文并茂,主要读者对象为从事电子对抗及其他相关领域的研究、设计、制造、使用、操作、维护等方面的科研人员、工程技术人员和部队官兵,同时也可作为高等院校电子工程及相关专业研究生和高年级本科生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子对抗装备/《空军装备系列丛书》编审委员会编.  
北京:航空工业出版社,2009.1

(空军装备系列丛书)

ISBN 978-7-80243-238-3

I. 电… II. 空… III. 航空—电子对抗设备 IV. V247

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第211480号

## 电子对抗装备

Dianzi Duikang Zhuangbei

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话:010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2009年1月第1版

2009年1月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:20

字数:470千字

印数:1—3000

定价:40.00元

# 空军装备系列丛书

## 编审委员会

主任：吕刚 胡秀堂

副主任：张伟

成员：熊笑非 甘晓华 涂剑刚 朱林

张列刚 武维新 朱祝华 刘永坚

费爱国 施明利 刘健文 胡瑜

张勋

# 空军装备系列丛书

## 编审办公室

主任：王军良

副主任：李廷立

成员：李海亮 韩 枫 梅文华 孙亚力

赵 琼 王子刚 海建和 张国杰

## 序

空军武器装备是空军诸兵种用于实施和保障战斗行动的武器、武器系统以及与之配套的其他军事技术装备的统称，包括各种战斗装备和保障装备。

空军武器装备的历史不过百年，却创造了武器装备历史上发展速度最快的篇章。人类翱翔天空的梦想可以追溯到远古时代，但直到1903年才由美国的莱特兄弟首次实现有动力自主飞行，1907年才开始用于军事。不论在两次世界大战还是冷战时期，飞机及相关技术都显示了突出优势，得到快速发展。空军从辅助兵种发展成独立的战略军种，从从属其他军兵种作战发展到能够担当战略战役主要任务，成为诸军兵种一体化联合作战的主力。空军武器装备也形成了歼击机、强击机、轰炸机、侦察机、运输机、特种飞机、雷达、高炮、地空导弹、空投空降、通信导航等多个装备系列。随着科学技术的发展，精确制导弹药、预警飞机、无人驾驶飞机、电子战装备、数据链、综合电子信息系统、空天防御系统等众多新类别武器装备还在源源不断地加入到空军武器装备行列中来。空军武器装备仍将保持高速发展的势头。

百年之间，空军从无到有，从弱到强。人类社会也从工业时代进入信息时代。战争形态由机械化战争向信息化条件下的高技术战争转变，军队面临着深刻的转型和军事变革。在这个深刻变革的时代，空中力量成为高技术战争的关键因素，空中力量运用成为影响战争结局的重要环节，空中战争形态仍在以高速率发生变化，空军仍是世界各国军队发展建设的重点。空军在保卫国家安全、维护国家主权、抵御外来侵略、支撑不断拓展的国家利益等方面，都将发挥越来越重要的作用。

纵观世界空军武器装备发展历史，可以看出，战争需求是空军装备发展

的强大牵引力，科学技术进步是空军装备发展的不竭推动力。当今空军武器装备的作战使用，已不是传统概念的单个武器平台对抗，而是敌对双方整个武器装备体系的对抗。按照体系配套思想发展建设武器装备已经成为基本趋势，更加强调空天一体、攻防兼备、平战结合，更加重视发展具有威慑与实战双重功能的武器装备，信息装备由从属地位上升为主战装备，常规武器弹药向精确打击转变，支援保障装备成为联合作战的重要支撑。

武器装备是军队履行使命任务的基本物质基础，是军队现代化水平的主要标志。军事领域的革命性变化，通常始于武器装备的突破性进步。空军武器装备集现代科学技术尖端成果之大成，与国家的政治、经济、文化、社会紧密关联，与百姓生活紧密关联，一向引发人们的广泛兴趣和关注。空军装备研究院组织编写的《空军装备系列丛书》，作者都是空军相关学科的专家学者，不少是本学科的领军人物。该丛书全面系统地介绍了空军装备及相关技术，是一套了解空军装备、学习高科技知识的好读本。对于认识空军在国防和军队建设中的地位与作用，了解空军武器装备的历史、现状和发展趋势，研究探讨空军武器装备发展的特点、规律，引发更多的人把目光投向空军武器装备建设，会起到积极的作用。我曾任空军装备研究院第一任院长，有幸参与了《空军装备系列丛书》的编辑策划工作。衷心希望在中国空军武器装备高速发展的进程中，《空军装备系列丛书》能够发挥其应有的作用。

预祝《空军装备系列丛书》出版发行获得圆满成功！

魏 钢

2007年11月16日

# 前 言

进入 21 世纪，以电子信息技术为代表的高新技术一日千里，推动着军事信息技术的飞速发展，引领着战争形态转变的趋势。

电子战即电子对抗在现代战争中的地位和作用日益提高，电子战已从辅助保障手段发展成为战争中不可缺少的重要作战武器，得到了各国军队的高度重视。电子战是现代战争的序幕与先导，并贯穿于战争的全过程，进而决定战争进程的结局，电子战是军力的倍增器，是继陆、海、空、天战场之后的第五维战场。电子战与火力、机动力并列为战争中的三大打击力量。因此，没有电子战优势及制电磁权，就没有制空权、制海权、地面作战的主动权，也就不能夺取战争的最终胜利。

近年来，电子对抗装备得到了快速发展，许多类型已超出了原有的雷达、通信和光电对抗装备的范畴，发展了引信、导航、敌我识别以及网络对抗装备，使战争的战略战术和作战样式都发生了重大的变化。

本书共分为九章。第一章为概述，概括性地介绍了电子战的基本概念、作用及主要类型。第二章为飞机自卫电子对抗装备，介绍了自卫电子对抗装备的作用、种类和各种机载自卫电子对抗装备的特点、组成及工作原理、主要战技指标、关键技术和发展趋势。第三章为地面雷达对抗装备，介绍了地面雷达对抗装备的概念、作战对象及应用、雷达侦察、干扰、无源定位装备的特点、组成及工作原理、主要战技指标、关键技术和未来发展。第四章为地面通信对抗装备，介绍了地面通信对抗装备的概念、作战对象及应用、通信侦察、测向、干扰等装备的特点、组成及工作原理、主要战技指标、关键技术和发展趋势。第五章为地面光电对抗装备，介绍了地面光电对抗装备的



概念、作战对象及应用、激光干扰设备和光电无源干扰设备的特点、组成及工作原理、主要战技指标、关键技术、现状和发展趋势。第六章为引信对抗装备，介绍了各种引信的特点和基本工作原理、光电引信对抗装备和无线电引信对抗装备的概念、作战对象及应用、特点、组成及工作原理、主要战技指标、关键技术和发展趋势。第七章为计算机网络对抗装备，介绍了计算机网络对抗装备的作用、种类和技术特点。第八章为综合电子对抗装备，介绍了综合电子对抗装备的作战用途、技术特点、体系结构、作战能力、对抗预警机的各种手段。第九章为电子对抗装备的发展趋势，介绍了各种新概念武器的特点。

本书由空军装备研究院组织编写，秦智勇同志任主编，秦智勇同志编写了第1、第2、第3、第4章，钟循进同志编写了第5、第6、第7章，王建涛、陈长春同志编写了第8、第9章。全书由姜峰、吕涛同志审查，赵琼和李静同志负责全书的统稿。

本书力求以通俗易懂的语言和图文并茂的形式，对电子对抗装备的种类和基本工作原理加以简明扼要的介绍。但限于水平，难免存在一些不足甚至错误之处，敬请读者谅解和批评指正。

# 目 录

第1章 概述 .....	( 1 )
第2章 飞机自卫电子对抗装备 .....	( 3 )
第1节 作战用途 .....	( 3 )
第2节 种类及技术特点 .....	( 3 )
第3节 告警设备 .....	( 4 )
第4节 有源电子干扰设备 .....	( 33 )
第5节 诱饵及其投放设备 .....	( 38 )
第6节 机载反辐射导弹 .....	( 49 )
第7节 机载红外有源干扰机 .....	( 54 )
第3章 地面雷达对抗装备 .....	( 59 )
第1节 作战用途及分类 .....	( 59 )
第2节 雷达侦察设备 .....	( 66 )
第3节 无源定位设备 .....	( 80 )
第4节 雷达干扰设备 .....	( 93 )
第4章 地面通信对抗装备 .....	( 120 )
第1节 作战用途及分类 .....	( 120 )
第2节 通信侦察设备 .....	( 127 )
第3节 通信测向设备 .....	( 137 )
第4节 通信干扰设备 .....	( 157 )
第5章 地面光电对抗装备 .....	( 187 )
第1节 作战用途及分类 .....	( 187 )
第2节 激光干扰设备 .....	( 189 )
第3节 光电无源干扰设备 .....	( 199 )

<b>第6章 引信对抗装备</b> .....	( 212 )
第1节 光电引信对抗设备 .....	( 212 )
第2节 无线电引信对抗设备 .....	( 218 )
<b>第7章 计算机网络对抗装备</b> .....	( 226 )
第1节 作战用途与技术特点 .....	( 227 )
第2节 计算机网络对抗技术 .....	( 230 )
第3节 计算机网络对抗武器 .....	( 236 )
<b>第8章 综合电子对抗装备</b> .....	( 250 )
第1节 作战用途及技术特点 .....	( 251 )
第2节 综合电子对抗装备的体系结构及作战能力 .....	( 256 )
第3节 对预警机的对抗装备 .....	( 265 )
<b>第9章 电子对抗装备的发展趋势</b> .....	( 275 )
第1节 趋势特点 .....	( 275 )
第2节 发展新概念武器 .....	( 277 )

# 第1章 概述

电子对抗也称为电子战，它是现代化战争中的一种特殊作战方式，也是一种重要的作战手段。电子对抗包含三个主要部分：电子对抗攻击、电子对抗侦察和电子防护。

## 1. 电子对抗攻击

电子对抗攻击是电子对抗的进攻性部分，用于阻止敌人有效利用电磁频谱，使敌方不能有效地获取、传输和利用电子信息，影响、延缓或破坏其指挥决策过程和精确制导武器的运用。电子对抗攻击包括自卫性电子对抗和进攻性电子对抗两大部分。自卫性电子对抗是应用自卫电子干扰、电子欺骗和隐身技术，保护作战平台或军事目标免遭敌精确制导武器的攻击；进攻性电子对抗是应用支援电子干扰、反辐射武器和定向能武器，攻击敌方的防御体系，以保证己方的安全突防。

电子干扰用于发射或反射特定的电磁信号，以扰乱或破坏敌方军用电子设备的工作，它包含雷达干扰、通信干扰、光电干扰和对其他电子装备的干扰措施（如计算机病毒干扰、导航干扰、引信干扰、敌我识别干扰等）。

反辐射武器用于截获、跟踪、摧毁电磁辐射源目标，它包含反辐射导弹、反辐射炸弹、反辐射无人机以及相配套的攻击引导设备。

定向能武器应用定向辐射的大功率能量流（微波、激光、粒子束），在远距离使高灵敏的电磁传感器致盲、致眩，在近距离使武器平台因过热而烧损，它包含微波定向能武器、激光武器、粒子束武器等。

电子欺骗用于辐射或反射特定的电磁信号，向敌方传送错误的电磁信息。它包含电子伪装、模拟欺骗、冒充欺骗。

隐身技术用于减小目标的可检测性，降低雷达、红外探测器的作用距离。它包含无源隐身和有源隐身。

## 2. 电子对抗侦察

电子对抗侦察用于获取战略、战术电磁情报和战斗情报，它是实施电子对抗攻击和电子防护的基础和前提，并为指挥员提供战场态势分析所需的情报支援。它包含信号情报、威胁告警和测向定位三部分。

信号情报包含电子情报和通信情报两部分。电子情报用于收集除通信、核爆炸以外的敌方电磁辐射信号，进行测量和处理，获取辐射源的技术参数及方向、位置信息。通信情报用于收集通信信号，进行测量和处理，获取通信电台的技术参数、方向、位置及通信信息内容。

威胁告警包含雷达告警和光电告警，用于实时收集、测量、处理对作战平台有直接威胁的雷达制导武器和光电制导武器辐射的信号，并向驾驶员发出威胁警报，以便采取对抗措施。

测向定位包含雷达测向定位、通信测向定位和光电测向定位，用于支援电子干扰的角度引导和反辐射攻击引导。

### 3. 电子防护

电子防护是保证己方电子设备有效地利用电磁频谱的行动，以保障己方作战指挥和武器运用不受敌方电子攻击活动的影响。它包含电子抗干扰、电磁加固、频率分配、信号保密、反隐身及其他电子防护技术和方法。

电子抗干扰包含雷达、通信等各类军事电子设备专用的抗干扰技术和方法，如超低副瓣天线、旁瓣对消、自适应天线调零、频率捷变、直接序列扩谱等，用以减小或降低各类电子干扰措施对己方电子设备工作的影响。

电磁加固是采取电磁屏蔽、大功率保护等措施来防止高能微波脉冲、高能激光信号等耦合至军用电子设备内部，产生干扰或烧毁高灵敏的芯片，以防止或削弱超级干扰机、高能微波武器、高能激光武器对电子装备工作的影响。

频率分配是协调己方电子设备和电子对抗设备的工作频率，以防止己方电子对抗设备干扰己方电子设备，并防止不同电子设备之间的相互干扰。

信号保密是应用扩谱、跳频、加密等措施来防止传输信号被敌方侦收、分析、解密，并应用电磁屏蔽措施防止己方信号泄漏、辐射，被敌方侦收。

反隐身是针对隐身目标的特点，采用低波段雷达、多基地雷达、无源探测、大功率微波武器等多种手段，探测隐身目标，或烧蚀其吸波材料。

其他电子防护技术和方法，如应用雷达诱饵吸引反辐射武器攻击，保护真雷达的安全；应用无线电静默措施反侦察；应用组网技术反点源干扰；隐蔽关键电子设备，战时突发工作等战术、技术措施。

如果按照用途来分类，空军电子对抗装备的种类主要有：飞机自卫电子对抗装备、专用航空电子对抗装备、地面雷达对抗装备、地面通信导航对抗装备、地面光电对抗装备、引信对抗装备、计算机网络对抗装备、综合电子对抗装备等。

## 第2章 飞机自卫电子对抗装备

自卫电子对抗是作战飞机生存的基本保障，是作战飞机战斗力的重要组成部分。

### 第1节 作战用途

机载自卫电子对抗装备的主要任务是：在飞机遂行作战任务的全过程中，利用自卫电子对抗设备对敌地空导弹制导雷达、炮瞄雷达、目标引导雷达、机载火控雷达、空空导弹雷达/红外制导系统等电磁辐射源信号，进行实时的搜索、截获和识别，用灯光或音响向机组人员发出威胁告警，并自动或人工引导电子干扰机实施有效的干扰压制，使敌方无法发现或攻击载机，达到保护自身安全的目的。因此，飞机自卫电子对抗装备是作战飞机突防的一种关键性自卫武器，是现代电子战作战体系的重要组成部分，也是陆、海、空三军航空兵电子对抗作战体系中种类最多、数量最大和用途最广的电子对抗装备。

### 第2节 种类及技术特点

机载自卫电子对抗装备通常由电子对抗支援设备和电子对抗干扰设备组成。

电子对抗支援设备的作用是威胁告警，主要是在飞机等作战平台受到雷达照射或发现导弹来袭时，利用雷达/红外/激光告警设备截获、分析、识别各种威胁辐射源，实时向操作员发出音响或灯光告警，并显示出威胁辐射源的方位和大致距离，以便操作员及时采取电子干扰或威胁规避措施。有的还能实现干扰功率管理，并自动引导干扰机，以最大干扰功率和最佳干扰样式，在频率、方位和时间上对准辐射源，确保对最大的威胁作出快速有效的干扰压制，同时可将处理的数据传给防空武器系统，以实施拦截攻击。

电子对抗干扰设备的功能是：故意辐射、再辐射或反射电磁能量，以达到扰乱敌方电子设备、系统和器材有效使用的目的。电子干扰按其所用的干扰源特性，可分为有源干扰和无源干扰两种；就其干扰作用的性质来说，又可分为压制性干扰和欺骗性干扰两类。

就有源压制性干扰来说，噪声干扰是迄今机载自卫电子对抗装备中用途最广泛的干扰技术，主要用于给敌方雷达接收机中混入大量的干扰噪声，从而以强有力的干扰功率和杂乱起伏的噪声波形，压制其对己方有用信息的检测。

欺骗性干扰机按其射频系统的工作原理可分为转发式和应答式两类，主要用于对敌导弹制导雷达、炮瞄雷达、截击瞄准雷达以及脉冲多普勒雷达等的自动距离跟踪信道、

自动速度跟踪信道或自动角跟踪信道实施有效的欺骗干扰，使其导弹、高炮等火控系统无法攻击目标，从而保护作战平台的安全。

无源干扰是利用金属箔条、角反射器和电子诱饵等干扰器材，在空中制造箔条干扰云团或假目标，以阻止火控雷达对目标的探测和跟踪。还有红外干扰方式，即采用专门的红外干扰弹投放设备，在红外弹从投放器推出的同时，将红外干扰弹内的药柱点燃，抛向空中的药柱产生强烈的可见光和红外辐射，它使已跟踪目标飞机的红外制导导弹偏向红外弹位置，起到诱饵的干扰作用，使导弹不能命中目标。

### 第3节 告警设备

机载自卫电子对抗告警设备的主要作用是探测、截获和识别敌辐射源信号，显示辐射源的方向和大致距离，以灯光或音响向飞行员发出威胁告警信号，以便采取相应的电子干扰或其他战术对抗措施。它主要包含有雷达告警设备、激光告警设备、红外告警设备、紫外告警设备和光电综合告警设备。

#### 一、雷达告警设备

雷达告警是指采用电子侦察接收机接收空间存在的各种雷达信号，通过告警设备内部的信号处理机，识别其中是否存在与威胁关联的雷达信号。如果有的话，就实时发出告警信号，并立即采取各种对抗措施规避威胁。

##### (一) 雷达告警设备的特点

雷达告警是一种简单的雷达侦察手段，其基本特点是不需发射电磁波，但能够接收与各种威胁相关的雷达信号，从中提取信息和识别威胁，并给出对敌方威胁的某种告警。雷达告警设备具有下列一些特点：

##### 1. 告警隐蔽

由于不发射信号，在己方的作战平台上装备有雷达告警设备时，敌方是不可能知道的，因此，雷达告警设备有它的隐蔽性。

##### 2. 告警距离远

雷达告警的对象是雷达信号，雷达工作时，信号要走一个来回。由于信号在传输的路途上被损耗，所以信号的强度随着距离的增加逐渐变小，目标反射信号又只能有很小的一部分沿原途返回。这样，雷达发射的信号强度虽然很强，但能被接收的信号却很小。雷达告警设备却不同，它接收的雷达信号从雷达天线直接发射出来，信号传输只走一个单程，因而接收到的信号强度相对来说要大得多。换句话说，用同样技术水平来制造设备，雷达告警的有效距离大于雷达发现目标的作用距离，因此可在雷达发现目标之前就发出告警，为作战争取时间。

##### 3. 告警实时

由于雷达告警设备是用于发出告警以保护平台的，因而它在威胁信号一出现就应发现并立即发出告警，故不用采取搜索的方法对可能出现威胁的不同方位和不同频率慢慢地去找，处理信号的时间也不能很长，因为现代武器的攻击，从发射到击中目标一般只有几秒钟到几十秒钟，如果雷达告警设备的反应太慢，就会失去其应有的作用。

#### 4. 告警设备简单

由于雷达告警设备感兴趣的只是接收那些相对较大，并会立即对己方作战平台构成威胁的雷达信号，因此，技术难度较小，一般设备的体积、质量、功耗都较小，造价也比较低。

### (二) 雷达告警设备的组成和工作原理

机载雷达告警设备是作战飞机自卫电子对抗系统的组成部分，它能及时发现、识别、跟踪地面及空中的雷达辐射源，为飞行员提供图形、灯光及音响告警，并能有效地帮助飞行员对辐射源及来袭目标采取对抗措施。它是提高作战飞机自身生存能力的重要手段。

机载雷达告警设备主要包含有各种天线、接收机、数字信号分析器（也称为计算机数字信号处理器）、控制盒以及显示器等部件，其组成框图如图2-1所示。

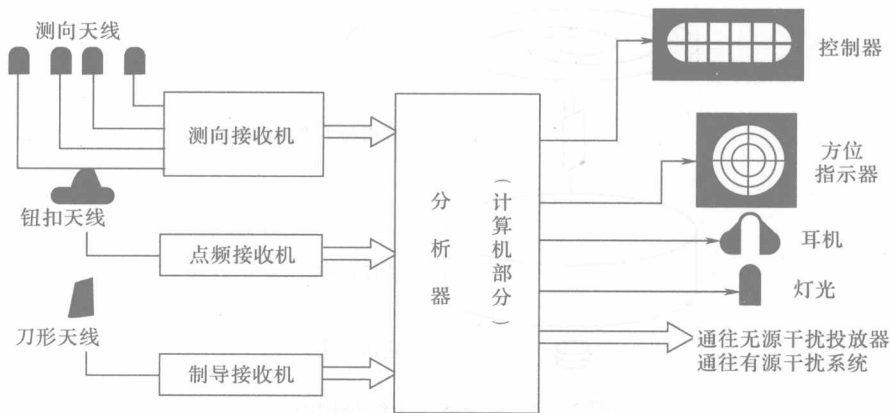


图2-1 机载雷达告警设备组成框图

机载雷达告警设备由各种接收天线探测信号，并根据天线的配置和方向性给出测向的原始数据，各种接收机内的高频放大组件检测出接收信号的射频信息（射频波段），再通过视频放大检测出信号的视频信息（信号间隔、信号幅度、信号宽度、扫描周期等）。所有这些信息通过数字信号分析器内的输入接口电路进行量化和预处理，然后送往计算机系统。计算机通过采集原始数据，以编好的计算机程序对雷达辐射源进行分选、识别等综合分析处理，最终得到雷达辐射源的射频、重频、脉宽、扫描周期等各种重要的雷达特征数据。计算机处理程序用处理后的雷达数据与系统内事先装订好的已知辐射源的数据（雷达数据库数据）进行比较，最终识别出该辐射源，于是该辐射源的特定符号就被显示在显示器上。对该辐射源的对抗措施是从该辐射源的数据库中取出干



扰程序送到干扰控制输出部分以实施干扰。

### 1. 天线组件

接收系统要有效地接收信号，首先要有接收天线。机载雷达告警设备的接收天线共有两种类型：一种是测向天线，另外一种是指导信号接收天线。

作为测向接收天线，因为不知道信号将从什么方位进入，接收天线原则上是全向的，同时还因为不知道接收信号的频率，天线的工作频带又应当是很宽的。这样，实际上可供使用的天线的性能很差，工程上很难令人满意。因此通常可采用多个具有方向性的天线组成一个天线阵来实现这个功能。在雷达工作的频段，可供这样使用的天线基本上有两种：平面螺旋天线和准龙伯透镜制成的多波束天线。

平面螺旋天线的基本构造如图 2-2 所示。平面螺旋是用来接收信号的，它由两根相同的螺旋线同心对称地印制在一个平面上，以保证天线的波束形状原则上不随频率改变，因此适合于宽频带工作。平衡与不平衡转换器是用来连接结构对称的螺旋和结构不对称的输出同轴线。这样，实际上一根螺旋相当于接往同轴的芯线，而另一根螺旋则相当于接往同轴的外皮。如果没有反射腔，一对螺旋将向它的上方和下方同等地接收信号，这是不希望的。所以，天线组成中还有一个反射腔，用以消除图中向下方向的接收。有了这样一个天线，接收机将可以接收来自螺旋面前方相当大一个角度范围内的各种极化方向的电磁信号。

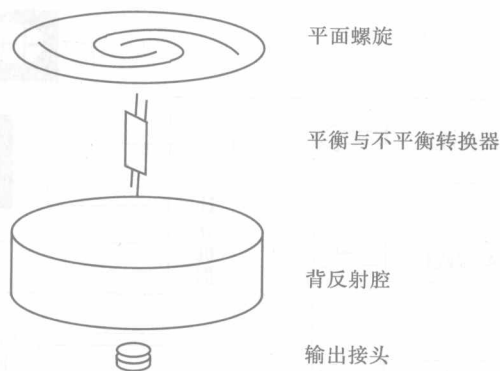


图 2-2 平面螺旋天线结构图

将平面螺旋天线作为测向天线时，一般采用四个螺旋天线，其工作频带为 2 ~ 18kHz (GHz)，分别安装在与飞机机身轴向成 45° 的四个方向上，用来完成对高频脉冲雷达信号的测向。其测向原理是比幅测向，如图 2-3 所示。其测向范围水平方向覆盖 360°，方位分辨率可达 2.8°，俯仰方向范围为 -30° ~ 30°。此天线由高频同轴电缆与相对应的测向接收机相连。

准龙伯透镜制成的多波束天线是指能从一个天线产生多个波束的天线系统。它利用几何光学的原理，将位于透镜焦点位置的多个辐射源经过透镜的折射作用，在同一天线口径形成不同的辐射方向图，以平面波的形式辐射出去。多波束天线内部结构主要由照射器、透镜、吸波材料组成，其结构如图 2-4 所示。