

★ ★ ★
★ “十三五” ★

国家重点出版物出版规划项目



国之重器出版工程

国防现代化建设

天基信息系统丛书

Theory to Countermeasures Against New Radars

新体制雷达对抗论

张锡祥 肖开奇 顾杰 著



中国工信出版集团



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国防特色院士文库

新体制雷达对抗论

张锡祥 肖开奇 顾杰 著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书用大量的文字、理论分析、试验数据、计算数据和图表,介绍了对新体制雷达的干扰原理、干扰方法、干扰机及被保护目标间的配置距离和干扰效果。重点阐述的内容包括:雷达和雷达对抗的发展;对合成孔径雷达的干扰技术;对脉冲压缩雷达的干扰技术;对脉冲多普勒雷达的干扰技术;一机对多制的干扰技术;对不同体制雷达安装在不同平台上的有效干扰压制区和干扰暴露区的分析计算;对相控阵雷达的干扰技术;对双(多)基地雷达干扰技术;雷达干扰机在解决所需要的等效干扰大功率、高接收灵敏度、宽频带和多频段多天线间的收发隔离宽带天线技术等。

本书还介绍了对干扰机主要参数的设计和计算方法及一些参数的实用取值,对干扰机天线的收发隔离和单一平台安装多频段多天线的综合收发隔离顶层设计提出了具体的方法和数学模型。

本书内容丰富、新颖、实用,概念阐述清楚、理论推导严谨、分析举例切合实际、结论明确。本书可作为高等院校电子对抗及相关专业教材,也可作为相关技术人员的培训资料和各级军事指挥员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

新体制雷达对抗论/张锡祥,肖开奇,顾杰著. —北京:北京理工大学出版社,2020.10

“十三五”国家重点出版物出版规划项目 国之重器出版工程

ISBN 978 - 7 - 5682 - 9205 - 4

I. ①新… II. ①张…②肖…③顾… III. ①雷达对抗 IV. ①TN974

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第209817号

出 版 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京捷迅佳彩印刷有限公司

开 本 / 710毫米×1000毫米 1/16

印 张 / 31

责任编辑 / 王玲玲

字 数 / 535千字

文案编辑 / 王玲玲

版 次 / 2020年10月第1版 2020年10月第1次印刷

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 158.00元

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



序

作者从事雷达对抗研究工作已有 60 年，本专著是作者出版的第三本书。第一本专著《现代雷达对抗技术》于 1998 年 2 月由国防工业出版社出版，主要介绍常规脉冲雷达及改进型或部分增加抗干扰的雷达的干扰技术。第二本专著《和平时期电子战技术与应用——雷达对抗篇》于 2005 年 1 月由电子工业出版社出版，主要介绍和平时期电子战的表现形式，用大量事实表明电子战不仅在战争时期大量使用，而且在和平时期也在大量、隐蔽地使用，世界各国对此高度重视，电子战是“天天在战斗”。特别应注意的是一些霸权国家，他们提出“先发制人”的策略，在和平时期人们不注意的时候，他们利用电子设备及其他多种手段把攻击的目标侦察清楚后，进行突然袭击，给对方造成巨大损失或给对方造成无力反抗的势态。因此，不论在和平时期还是战争时期，都要随时提高警惕，以防不测。只要随时做好准备，一些“先发制人”的霸权者就不敢贸然行之，世界的持久和平才能维持，和谐世界才有可能建立。第三本专著《新体制雷达对抗论》主要是在总结 60 年雷达对抗工作的基础上，摸索出一些雷达对抗规律。雷达从 20 世纪 30 年代用于军事装备以来，已经有 80 多年的实战应用历史。雷达在第二次世界大战中发挥了很大作用。在第二次世界大战后，虽然没有发生世界大战，但是雷达在每次的局部战争中都发挥了重大作用。雷达是千里眼，发展到现在已不只是探测到千里之外的目标，而是可观察到更远的目标。随着电子技术的不断发展，雷达出现了许多种新的体制，例如，常规脉冲雷达中的多种体制、脉冲压缩雷达、脉冲多普勒雷达、合成孔径雷达、相控阵雷达、捷变频雷达、多发多收等多种新型雷达体制。雷达



干扰是随着雷达的产生而产生，随着雷达的发展而发展的。这就是说，从雷达应用的那一天起，就产生了雷达对抗。雷达发展了一种新的体制，就会出现对抗该新体制雷达的干扰设备。

没有干扰不了的雷达，也没有对抗不掉的干扰。分析各种雷达体制的规律，可以看出雷达和各种无线电设备有共同的弱点。

(1) 工作在雷达或无线电设备的接收通带内的各种信号，它不分真假、不分敌我，都能接收到。

(2) 无论雷达采用什么样的信号处理方式，只要干信比达到一定的阈值，在干扰和信号的混合体中，都无法提取有用信息。

(3) 无论雷达采用什么样的天线，它在 360° 的范围内实际上都有副瓣存在。

由于雷达或无线电设备的固有特性，这 3 个弱点必然存在，所以，无论什么样体制的雷达，都能对它进行有效的干扰。但是，如果要实现有效的干扰，必须要满足下面 6 项必要条件。

(1) 干扰频率可复制，并且要瞄准。

(2) 干扰机发射天线主瓣要对准被干扰目标。

(3) 干扰压制时间基本保持连续。

(4) 干扰压制系数要满足要求，对不同体制的雷达有不同的干扰压制系数要求值。

(5) 干扰信号频谱宽度应大于雷达接收机带宽。

(6) 干扰信号极化与被干扰信号极化一致，或用随机极化干扰。

满足这些条件就可以实现一部干扰机对同频段内的多种体制的雷达实现有效的压制干扰，称为“一机对多制”的干扰机。如果不满足这 6 项必要条件，干扰效果就会变差或失去干扰的作用。

本书对多种体制的雷达，包括常规脉冲雷达、脉冲压缩雷达、脉冲多普勒雷达、合成孔径雷达、相控阵雷达和双基地雷达等，以及这些雷达装在不同平台上的干扰效果都做了定量的分析。干扰效果分析的基准是将不同体制的雷达装在不同的平台上，以受干扰后产生干扰的有效区和干扰暴露区为基准来评价它的干扰效果，或以雷达受干扰后它的有效探测区降低百分比来评价它的干扰效果，或雷达受干扰后它的角跟踪误差和距离跟踪误差显著增大来评价它的干扰效果。

本书从对不同体制雷达的有效压制干扰中，推导出对多种体制雷达干扰统一方程，用此统一干扰方程可以计算不同体制雷达装在不同平台上，在一定干扰有效区的确定值时，所需的干扰等效功率，从而简化了设计干扰机程序。由



于雷达干扰统一方程中，它与雷达的辐射等效功率、发射脉冲宽度、被保护目标的等效反射面积、干扰机与雷达之间的距离、雷达与被保护目标之间的距离、雷达天线的主副增益比、发射机馈线损耗、信号和干扰信号在空间的传输损耗、干扰机的等效辐射功率、干扰发射机的馈线损耗、干扰机的极化损耗、干扰信号频谱宽度与雷达接收机的通带宽度比、干扰压制系数等有关。因此，在计算干扰压制区时，会产生一定的误差，所以，书中列举的干扰有效区计算值，只能供参考。要想得到较为准确的数据，还要与实际试验相结合。

本书讲述了雷达和雷达对抗的发展过程，对新体制雷达逐一讲述了对抗的方法和干扰的效果及其需要的干扰等效功率的计算、不同体制的雷达所需的干扰压制系数的计算和取值的适用公式等。

雷达现在正在快速发展，雷达对抗也跟着不断地发展，雷达现在向“智能化雷达”方向发展，雷达对抗也必然向智能化方向发展，这一对矛盾将同步发展，直到人类消灭战争。

本书适合从事雷达干扰机的设计人员、电子战领域的科研生产专业人员、电子战专业的教学人员、军事指挥员、专业操纵员和军政领导阅读参考，也可为广大读者扩大知识面，以及了解电子战、信息战和未来信息化作战带来帮助。

本书第1~7章、第9章、第10章由张锡祥院士编著，第8章由肖开奇博士编著，书中的图表、曲线及部分内容肖开奇博士和顾杰博士进行编制和校正。

在本书的写作过程中，得到了西南电子设备研究所所长高贤伟、原所长毛嘉艺研究员、原副所长孟建研究员、刘刚副所长、副总工程师李尧研究员等专家的关心和支持；同时，还得到了刘永红、王燕、冯梅、张忠捷、王征炬等同志的具体帮助和支持。在此表示衷心的感谢。

未经作者许可，不得以任何方式复制本书内容。

张锡祥



目 录

第 1 章 雷达和雷达对抗的发展	001
1.1 雷达的发展概况	002
1.1.1 雷达的起源	002
1.1.2 雷达的基本原理	003
1.1.3 雷达的基本方程	004
1.1.4 雷达的基本组成	004
1.1.5 雷达的主要弱点	006
1.1.6 雷达的频率	007
1.1.7 各类目标的反射面积典型统计平均值	008
1.1.8 雷达天线	012
1.2 雷达对抗的发展	013
1.2.1 国外雷达对抗的发展概况	014
1.2.2 我国雷达对抗的发展概况	014
1.2.3 雷达对抗技术发展概况	015
1.2.4 常规脉冲雷达的干扰方程	017
1.2.5 对圆锥扫描雷达的干扰	019
1.2.6 对隐蔽圆锥扫描雷达的干扰	024
1.2.7 对单脉冲跟踪雷达的干扰	024



1.2.8	对捷变频雷达的干扰	030
1.2.9	对“百舌鸟”反辐射导弹的对抗	033
1.3	电子战向信息战方向发展	039
1.3.1	信息化作战的战场概况	039
1.3.2	信息战与信息化作战的概念	043
1.3.3	用信息战对付信息化作战	045
第2章	对合成孔径雷达的对抗技术	053
2.1	SAR 的工作原理	057
2.1.1	SAR 方程	057
2.1.2	SAR 的组成	059
2.1.3	SAR 的重频选择	060
2.2	SAR 的干扰原理	062
2.2.1	SAR 的干扰方程	062
2.2.2	对 SAR 所需的干扰等效功率	064
2.3	SAR 干扰压制系数的测量和分析	065
2.3.1	计算机仿真测量	065
2.3.2	在室内用小功率对正式 SAR 干扰仿真试验	067
2.3.3	机载 SAR 干扰压制系数飞行试验	068
2.3.4	对机载 SAR 干扰压制系数飞行测试的数据分析	069
2.4	对点目标反射等效面积取值的分析	071
2.4.1	雷达目标高频散射机理	071
2.4.2	复杂目标散射中心等效反射面积测试	072
2.4.3	规则物体的 RCS	073
2.5	对星载 SAR 的适时侦察	074
2.5.1	对星载 SAR 适时侦察的必要性	074
2.5.2	对星载 SAR 适时侦察的可行性	075
2.5.3	对星载 SAR 适时侦察站的指标要求	076
2.5.4	星载 SAR 适时侦察站的组成	082
2.6	对星载 SAR 的适时压制干扰	084
2.6.1	对星载 SAR 适时压制干扰的可行性	084
2.6.2	星载 SAR 单部压制干扰站的干扰保护区	085
2.6.3	对星载 SAR 多部压制干扰站的干扰保护区	087



2.6.4	星载 SAR 的压制干扰站组成	088
2.7	对雷达识别系统的干扰	095
2.8	对变极化测目标高度 SAR 的干扰	096
2.8.1	干涉 SAR 三维成像的图像	096
2.8.2	随机极化干扰原理	097
2.9	对 SAR 最佳干扰样式的选择	099
第 3 章	对脉冲压缩雷达的干扰	101
3.1	预警飞机载脉冲压缩雷达	103
3.2	预警飞机脉冲压缩雷达工作原理	106
3.3	对脉冲压缩雷达的干扰原理	111
3.3.1	对预警飞机雷达的干扰方程	111
3.3.2	对脉冲压缩雷达干扰压制系数的取值	112
3.3.3	对预警飞机雷达的干扰暴露区分析	116
3.4	对脉冲压缩雷达干扰压制系数和干扰暴露区的测试	119
3.4.1	对被试雷达天线方向图和极化特性的测试	119
3.4.2	对脉冲压缩雷达干扰压制系数和干扰暴露区的测试	121
3.4.3	对脉冲压缩雷达干扰压制系数的实测与推算	123
3.5	机载干扰机对地面脉冲压缩雷达的干扰压制区	125
第 4 章	对脉冲多普勒雷达的干扰	131
4.1	对脉冲多普勒雷达的干扰原理	132
4.2	脉冲多普勒雷达干扰压制系数分析	142
4.2.1	脉冲多普勒雷达干扰压制系数的确定	142
4.2.2	对脉冲多普勒雷达等效干扰功率的计算	144
4.2.3	脉冲多普勒雷达干扰压制系数实例	145
4.3	脉冲多普勒雷达的干扰暴露区	146
第 5 章	雷达干扰统一方程和“一机对多制”干扰机	149
5.1	雷达干扰机的干扰统一方程	151
5.1.1	脉冲压缩雷达的干扰压制系数计算	153
5.1.2	脉冲多普勒雷达干扰压制系数的计算	155
5.1.3	对 SAR 干扰等效功率的计算	156



5.2	“一机对多制”的雷达干扰机	158
5.2.1	“一机对多制”的必备要素	159
5.2.2	“一机对多制”干扰机的组成	160
5.3	“一机对多制”雷达干扰机对空对天一体化布局	173
第6章	雷达干扰机与被保护目标的配置分析	179
6.1	地面对空中作战飞机雷达的干扰, 保护地面重要军事目标	181
6.2	地面干扰机对预警飞机雷达的干扰暴露区	188
6.2.1	对预警机雷达干扰暴露区的理论计算	188
6.2.2	预警机雷达的实测干扰暴露区	189
6.2.3	舰载干扰机掩护舰队形成的干扰暴露区	191
6.3	地对空干扰机对机载 SAR 干扰暴露区和干扰有效区分析	193
6.3.1	对机载 SAR 的干扰有效区的分析计算	193
6.3.2	机载 SAR 的干扰有效区实测步骤和方法	199
6.4	对星载 SAR 的干扰有效区分析计算	202
第7章	对双基地雷达的干扰	215
7.1	双基地雷达的基本工作原理	217
7.2	双基地雷达的干扰方程和干扰暴露区	219
7.2.1	对双基地雷达的自卫干扰	220
7.2.2	对双基地雷达的掩护式干扰时干扰暴露区	220
7.3	对双基地雷达干扰暴露区的特点分析	224
7.4	对双基地雷达干扰时, 干扰天线波束宽度的选择	224
7.4.1	天线方位波束宽度选择	224
7.4.2	干扰发射天线的仰角波束宽度的选择	225
7.5	对多基地雷达的干扰	226
7.5.1	对多基地雷达的掩护干扰	226
7.5.2	对多基地雷达的自卫干扰	227
7.6	双基地雷达干扰机的组成原理框图	227
7.7	对双基地机载 SAR 的干扰	228
第8章	宽带天线技术	233
8.1	宽带天线主要指标描述	236



8.2	多模天线技术	245
8.2.1	小孔径宽带 Adcock 天线阵	245
8.2.2	四臂螺旋天线	251
8.2.3	多模对数周期天线阵	257
8.3	多波束天线技术	262
8.3.1	Bootlace 透镜多波束形成器	263
8.3.2	龙伯透镜波束形成	270
8.3.3	二维多波束面阵天线	273
8.3.4	带匹配层的介质透镜天线	280
8.4	宽带相控阵天线	286
8.4.1	宽带相控圆阵天线	286
8.4.2	宽带相控发射阵天线	291
8.4.3	宽带有源相控阵天线	298
8.4.4	宽带平面相控阵天线	300
8.5	宽带阵列及反射面复合天线	305
8.6	数字波束形成技术	311
8.7	宽带天线系统	314
8.7.1	宽带天线罩	315
8.7.2	宽带极化罩	322
8.7.3	天线收发隔离度技术	332
8.7.4	宽带天线系统构架	338
第9章	对相控阵雷达的干扰	343
9.1	相控阵雷达的概况	344
9.1.1	相位扫描	345
9.1.2	频率扫描	346
9.1.3	典型相控阵雷达	347
9.1.4	平面阵列波束	351
9.1.5	稀疏阵和小阵列的方向图	352
9.1.6	低副瓣相控阵	354
9.2	相控阵雷达的优势与干扰对策	358
9.2.1	相控阵雷达的优势	358
9.2.2	对相控阵雷达干扰的基本对策	359



9.2.3	综合一体化相控阵雷达的干扰机设计举例	362
9.3	对相控阵雷达干扰有效区分析	370
9.3.1	相控阵雷达的干扰暴露区	370
9.3.2	雷达受干扰后其探测区降低的比例	372
9.4	对机载（或无人机载）相控阵 SAR 的干扰效果分析	374
9.4.1	对无人机载 SAR 干扰效果分析	374
9.4.2	对弹载 SAR 攻击地面点目标干扰有效区分析	379
9.5	对星载相控阵 SAR 的干扰效果分析	384
9.5.1	星载相控阵 SAR 的干扰方程	384
9.5.2	相控阵合成孔径雷达统一干扰方程推导	387
9.5.3	对星载相控阵合成孔径雷达干扰等效功率的计算	388
9.5.4	对星载相控阵 SAR 干扰有效区分析	389
第 10 章	电子战新概念新技术	397
10.1	电磁脉冲的作战效果与防护技术	399
10.1.1	高重频无载波低峰值功率的电磁脉冲	399
10.1.2	电磁脉冲对电子器件的效应	401
10.1.3	电磁脉冲的作战效果分析	403
10.1.4	对高功率电磁脉冲的防护技术	405
10.2	雷达对抗与高功率微波器件	407
10.2.1	高功率微波作用机理	407
10.2.2	各类干扰机和高功率微波武器所需的功率	409
10.2.3	固体微波功率器件与电真空微波器件的应用比较	410
10.3	侦察卫星受高功率微波武器攻击的可行性分析	413
10.3.1	对无源侦察卫星用高功率微波攻击的可行性	414
10.3.2	强微波对侦察卫星干扰的可行性	416
10.4	超宽带高重频干扰机的应用	419
10.4.1	作用对象	420
10.4.2	高重频超宽谱对雷达的干扰	423
10.4.3	脉冲宽度和频谱	424
10.4.4	对米波雷达的干扰效果	425
10.4.5	超宽带干扰机的应用	429
10.4.6	超宽带干扰机的试验	430



10.5 侦察、干扰、定位一体化电子战技术	432
10.5.1 利用大功率连续波噪声干扰机一体化技术	432
10.5.2 利用角度被动跟踪系统的干扰机带实现侦察、定位、 干扰一体化	436
10.5.3 用角度被动跟踪系统单站无源定位系统的测距误差	440
10.5.4 基于被动角跟踪系统的单站无源定位	443
10.5.5 基于角度被动跟踪系统的单站无源定位典型应用	443
10.6 对“信号隐藏”抗干扰雷达的干扰效果分析	445
参考文献	453
索引	455



第 1 章

雷达和雷达对抗的发展





| 1.1 雷达的发展概况 |

1.1.1 雷达的起源

雷达的基本概念由德国物理学家 Heinrich Hertz 从 1885—1888 年所进行的经典试验首次得到验证。他验证了无线电波与光具有相同的特征，演示了无线电波可以从金属物体反射和由介质棱镜折射。

20 世纪 20 年代，当一艘船通过位于河两岸的接收机和发射机之间时，偶然地在接收机上观察到了一个起伏信号，当时称为连续波干涉系统。

20 世纪 30 年代，雷达被许多国家研究，如在美国、英国、苏联、法国、意大利、日本和荷兰等国被研制出来。采用的频率为 100 ~ 200 MHz，但英国的频率为 30 MHz，而德国的雷达频率为 600 MHz，为第二次世界大战前的最高频率。美国陆军于 1936 年春启动了脉冲雷达研制计划，在珍珠港事件的时候，它已研制出 200 MHz 的 SCR - 268 防空探照灯控制雷达。

虽然英国研制脉冲雷达比美国晚，但到 1938 年研制出 30 MHz 的雷达，它在“不列颠之战”中立了大功。到 1939 年，研制出可以检测飞机目标的 200 MHz 机载雷达，随着 1940 年英国发明大功率微波磁控管，雷达技术得到了极其重大的发展，它打开了雷达工作在更高频率的大门。随后雷达在德国、苏联、意大利、法国和日本等国很快发展起来。



第二次世界大战以后，雷达技术发展迅速，一些重大技术的突破使雷达的性能更加完善。例如，动目标显示（MTI）技术；大功率放大器（如速调管、行波管和晶体管）的研制成功；单脉冲雷达的使用；脉冲压缩技术，使人们从长脉冲波形中获得高能量；机载合成孔径雷达（SAR），提供类似地图的高分辨力地面场景成像；利用多普勒处理的方法，使机载雷达能够在严重的杂波背景中检测出目标；电扫相控阵雷达，提供快速扫描，无须天线做机械运动，并且还可以进行多目标跟踪；高频超视距雷达，使雷达的探测距离扩大 10 多倍；雷达已经变成气象学家的一个重要工具；数字技术的快速发展，使得许多理论上的能用数字信号处理和数字数据处理成为实际可行；新工艺、新雷达技术和机电一体化技术的发展为新雷达的应用及雷达的持续应用提供了有力的保障。

雷达对抗是随着雷达的产生而产生，随着雷达的发展而发展的，早在第二次世界大战中，电子战就得到了应用。1944 年，盟军从诺曼底半岛登陆战中可以显现出雷达对抗的威力，由于盟军采用了电子对抗手段，使这次登陆作战中，参加的舰船多达 6 000 多艘，人员百万余人。在仅损失 6 艘军舰的情况下，盟军顺利登陆，使之成为第二次世界大战中采用电子对抗减少作战伤亡的典型战例。

1.1.2 雷达的基本原理

雷达主要用于检测和定位具有电磁散射特性的物体，如飞机、舰船、航天飞机、车辆、行人等。它可以在黑夜、薄雾、浓雾、下雨和下雪时工作，其高精度的测向、测距和全天候的工作能力，是雷达的重要特性之一。

雷达测距的基本原理如图 1.1 所示。

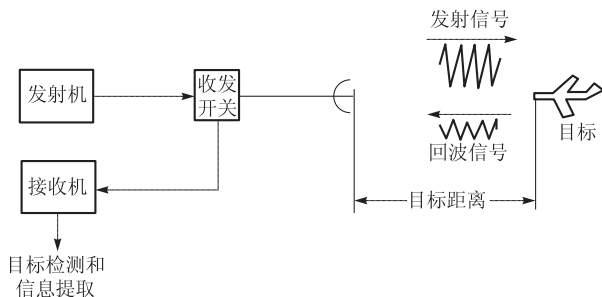


图 1.1 雷达基本原理

雷达发射的电磁波以光的速度在空中传播，它遇到反射物体后返回雷达天线，雷达天线辐射的电磁波在天线与反射目标之间传输的时间除 2 再乘以光速就是雷达与目标之间的距离，即



$$R = \frac{1}{2}cT \quad (1.1)$$

式中 R ——雷达与目标之间距离；

c ——光速；

T ——电磁波在雷达与目标之间来回传播的时间。

雷达的测向是依靠雷达天线的方向性来测定目标的方向。它可利用雷达天线的方向特性，测出目标的最大回波指向，测出目标的方位角和仰角，从而测定目标的三维坐标，即可实现对目标定位。

1.1.3 雷达的基本方程

设雷达的发射功率为 P_t ，雷达的天线增益为 G_t ；目标的等效反射面积 (RCS) 为 σ ，雷达的工作波长为 λ ，则目标收到的雷达信号功率为

$$P_A = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} A = \frac{P_t G_t \sigma \lambda^2}{4\pi R^2 4\pi} \quad (1.2)$$

雷达天线收到目标反射的信号功率为

$$P_r = \frac{P_A}{4\pi R^2} G_r \quad (1.3)$$

式中， G_r 为雷达接收天线增益，同一雷达的接收天线与发射天线共用一个，则 $G_t = G_r$ ，将式 (1.2) 代入式 (1.3)，得

$$P_r = \frac{P_t G_t^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad (1.4)$$

$$R_{\max} = \left[\frac{P_t G_t^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 P_{r\min}} \right]^{1/4} \quad (1.5)$$

式中 R_{\max} ——雷达的最大探测距离；

$P_{r\min}$ ——雷达接收机能收到检测出有用信息的最小信号功率。

1.1.4 雷达的基本组成

雷达的基本组成包括发射机、接收机、天线、收发开关、终端显示、伺服控制、电源等部分，如图 1.2 所示。

雷达的发射机基本有两种类型：一种是大功率主振源，它产生的微波脉冲功率为兆瓦量级，早期的雷达多数采用这种发射方式；另一种是单只或多只小功率连续波振荡源，现在雷达采用的发射机属于这一种。它的频率比较稳定，寿命长，然后再用脉冲调制，经脉冲功率放大器放大输出。脉冲源既是发射机的脉冲调制源，又是显示器的同步脉冲源，是雷达测距的基准脉冲。收发开关