

# 制 导 雷 达

---

傅 诚 忠 编

國 防 工 業 出 版 社

# 制 导 雷 达

傅诚忠 编

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书是介绍控制导弹与测控人造卫星雷达的中级科普读物。首先介绍广泛用于控制各种类型导弹的制导雷达，然后重点讨论指令制导雷达各部分：探测跟踪分机、计算装置、指令形成与发射以及弹上无线电设备等。本书着重讨论总体性能、技术要求、工作原理和功能图等，最后详细介绍用于发射人造卫星的指令制导雷达系统、各分系统及指令结构等。本书图文并茂，深入浅出，适于从事有关工作的工人、战士和干部学习参考。

## 制 导 雷 达

傅诚忠 编

\*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张6<sup>1</sup>/<sub>8</sub> 127千字

1983年10月第一版 1983年10月第一次印刷 印数：0,001—2,050册

统一书号：15034·2584 定价：0.66元

## 前 言

了解制导雷达，可以从两个方面入手，一是从总体系统上研究，另一是从各个具体电路上分析。考虑到制导雷达的电路构成大部分与一般的雷达电路基本相同，已经有不少专著论述过，所以本书着重讨论制导雷达的总体性能、技术要求、工作原理与功能图等。有了这些基础之后，对电路的总体分析就可迎刃而解了。

本书首先介绍了制导雷达在导弹武器系统中的作用和地位，以及制导雷达系统在战术、战略各个方面的应用，使读者对它有个全貌的了解。

接着介绍用雷达导引导弹的方法、导弹飞行的各种弹道，从而引出指令制导、波束制导、寻的制导及组合制导等各种制导方法，及其相应的各种制导雷达。

然后重点介绍指令制导雷达的各个部分。尽管从战斗使用来说，它不一定是最优的，但是作为技术设备来说，指令制导雷达比之波束制导或寻的制导雷达要复杂和全面些；可以说是一种技术学习的典型，所以对它的各部分介绍得详细些。在探测跟踪分机部分介绍了信道容量、多目标跟踪等各种基本问题；在计算装置及指令形成部分，介绍了形成各种指令成分的方法；在指令发射装置部分，介绍了用无线电方法发射指令的各有关设备及问题；然后综述了整个导弹指令制导回路。

#### IV

最后举了一个发射人造地球卫星的指令制导雷达实例，使读者能够对制导雷达有一个比较完整的认识，为进一步的钻研和工作打下基础。

本书编写过程中曾得到王家培、孟庆友、丁国珍等同志的大力帮助，在此表示感谢。书中的缺点错误，希望读者批评指正。

编 者

## 目 录

第一章 制导雷达概述 .....	1
1.1 什么是制导雷达 .....	1
一、制导雷达 .....	1
二、雷达制导系统 .....	1
1.2 战术制导雷达 .....	4
一、半自动防空 .....	4
二、反击机动目标的导弹 .....	5
三、战术制导雷达 .....	8
1.3 战略制导雷达 .....	12
一、战略防空 .....	12
二、弹道导弹 .....	13
三、核弹头 .....	15
四、多弹头分导 .....	16
五、突防措施 .....	16
六、反弹道导弹系统 .....	17
第二章 雷达制导方法 .....	23
2.1 导弹的导引方法 .....	23
一、导弹的飞行弹道与导引方法 .....	23
二、各种导引方法及其控制的量 .....	25
2.2 指令制导 .....	26
一、三点法与前置法 .....	26
二、指令制导雷达的功能 .....	28
2.3 波束制导 .....	29
一、重合法波束制导 .....	29
二、波束制导雷达 .....	30
2.4 寻的制导 .....	36
一、寻的制导的导引方法 .....	37
二、主动寻的制导雷达 .....	38

三、半主动寻的制导雷达 .....	43
四、被动寻的制导雷达 .....	47
2.5 组合制导 .....	48
一、波束制导 + 寻的制导 .....	48
二、自主制导 + 指令制导 + 寻的制导 .....	48
<b>第三章 制导雷达的组成与性能 .....</b>	<b>51</b>
3.1 指令制导雷达 .....	51
一、指令制导雷达的信息流通 .....	51
二、指令制导雷达的组成 .....	52
3.2 雷达部分——探测跟踪分机 .....	54
一、信道容量与多目标跟踪 .....	54
二、雷达与计算机相结合的多目标跟踪 .....	63
三、频率分配 .....	71
四、探测与跟踪的空域 .....	72
五、跟踪精度 .....	75
六、雷达对导弹的捕获 .....	83
七、抗干扰 .....	87
八、信息显示和传输 .....	93
九、雷达部分——探测跟踪分机方框图 .....	97
3.3 计算装置与指令形成 .....	98
一、导弹的理想弹道 .....	99
二、误差信号 .....	100
三、补偿信号 .....	101
四、控制指令的形成 .....	108
五、计算控制指令的方框图 .....	109
六、一次指令 .....	110
七、指令的多路传输 .....	111
八、指令的加密 .....	122
九、制导用的数字电子计算机 .....	124
十、雷达接口装置 .....	132
3.4 指令发射装置 .....	134
一、无线电遥控线 .....	134
二、多路编码和加密 .....	135
三、指令发射装置 .....	141
四、导弹上的无线电设备 .....	143

3.5 导弹的指令制导回路.....	146
第四章 发射人造卫星的制导雷达 .....	148
4.1 制导雷达应用于发射人造地球卫星.....	148
4.2 指令制导雷达系统.....	150
一、精测雷达.....	152
二、捕捉雷达.....	153
三、数据处理分系统.....	154
四、火箭上的应答器.....	155
4.3 8000公里范围的无模糊测距.....	156
4.4 制导指令.....	159
4.5 发射机.....	165
4.6 接收机.....	167
4.7 测距机.....	170
4.8 计算机.....	172
4.9 运载火箭上的无线电设备.....	178
4.10 指令控制台 .....	182
展望 .....	187



# 第一章 制导雷达概述

作为武器系统组成部分之一的制导雷达是和导弹密切相关的。地空导弹要发挥它的战斗威力，要依靠地面制导雷达站的引导与指挥，所以制导雷达站在防空网中起着重要的作用，除此以外，它还能够测控卫星、引导靶机等飞行器进行科学研究活动。

## 1.1 什么是制导雷达

### 一、制导雷达

能够引导飞行器按一定飞行规律导向目标的雷达设备称为制导雷达。飞行器是指导弹、卫星、无人驾驶飞机等。目标可以是敌人的飞机、弹道式导弹或者军舰等其它活动目标。对卫星来说，导向目标是指把它引导到预定的飞行轨道上。一般的雷达设备是用作目标定位的，它能测定目标的方位和距离（即坐标）。当它连续测定目标的方位和距离时，就构成了跟踪雷达。该种雷达还能用于跟踪导弹，并向导弹发送指令、引导导弹飞向目标，这样的雷达设备就称为制导雷达。

### 二、雷达制导系统

为了引导导弹命中目标，首先要用雷达设备测定导弹相对于目标的位置，然后计算为了使导弹命中目标，导弹必须采取的飞行路线，据此形成指令，控制导弹飞向目标。

测量导弹相对于目标的位置，可以有两种方法：一种是把雷达设备安装在导弹上，可以直接测定目标的坐标；另一种是雷达设备安装在地面上，这时不仅要测量目标的坐标，而且还要测定导弹的坐标，才可以计算出目标相对于导弹的位置。

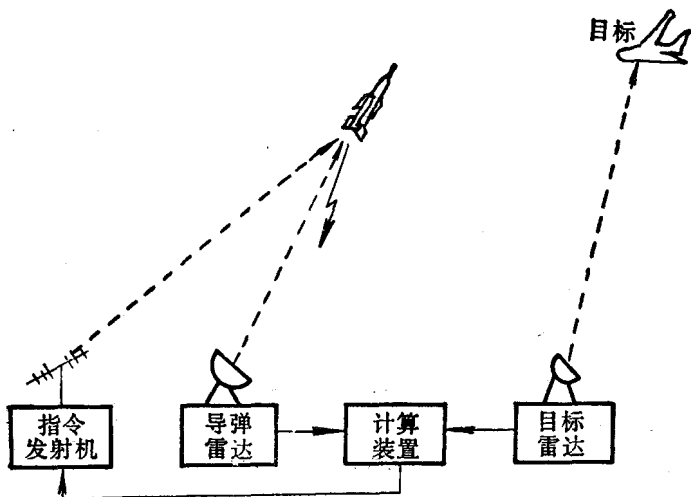


图1.1 指令制导示意图

图 1.1 示出了雷达制导导弹的系统方框图。地面制导雷达将目标、导弹的位置信息送入计算装置，计算装置根据导弹为了命中目标而应采取的飞行路线，计算出所需要的指令，通过指令发射机发送给导弹。导弹上的接收机收到无线电指令后，将它译成导弹的飞行控制信号，此控制信号通过导弹的自动驾驶仪控制导弹飞行。导弹上的应答器发送回应信号给地面的导弹跟踪雷达。地面制导雷达据此确定导弹在

空间的位置及飞行轨迹，以便连续跟踪，直到完成战斗任务，目标被击落为止。

由上述可知，目标雷达、导弹雷达、计算装置和指令发射机都是属于地面的无线电技术设备，加上导弹上的接收机、应答器构成了完整的雷达制导系统。这些技术设备组成的有机整体，总称为制导雷达系统。

实际上，导弹所攻击的目标有大有小，相应的导弹类型也不同。因而引导不同类型导弹的制导雷达也不同。有的攻击地面目标，制导雷达是装在导弹上的被动式雷达，这种制导雷达比较简单，仅由雷达接收机组成；而防御弹道式导弹的反弹道导弹的制导雷达，则复杂得多。如大型相控阵雷达，它由成千上万个元件组成体积有几层楼房那么高。

无论制导雷达是大是小，其基本任务和战术技术要求，都是根据被制导的导弹的战术技术要求而定的。

对导弹来说，最主要的问题是：在什么样的范围内，以什么样的准确度，命中什么样的目标。

针对目标的类型、空间作用的范围及制导的精度，规定导弹的基本性能。而要达到这些基本性能要求，除了与导弹本身装药（战斗部的炸药）、燃料及发动机的情况等许多因素有关以外，主要决定于引导它的制导雷达。因而对制导雷达来说，也有个目标类型、空间作用范围、制导精度问题。

**目标的类型** 目标的类型主要是两大类：飞机和弹道式导弹。有人驾驶的飞机，高度不能超出大气层之外，速度只能达到几倍音速（大气层内飞行的飞航式导弹也是属于这一类目标）；而无人驾驶的弹道式导弹，高度远在大气层之外，速度可达几十倍音速。因此攻击飞机与防御弹道导弹的导弹是

4

大不相同的，对其制导雷达的要求也大不相同。

**空间作用范围** 对付飞机目标，在大气层内的中距离范围就可以了；而对弹道式导弹则作用范围应超出大气层，远达数千公里。

**制导的精度** 为了命中飞机，制导误差不能大于导弹装药量的作用半径，一般是几米到几十米；而对付高空高速弹道式导弹的弹头，制导精度要达到几米。如果使用爆炸半径大很多的核弹头，其允许的制导误差数量级可大得多。

如果是引导卫星、靶机等科学研究目的的制导雷达，其结构与技术要求又与前者大不相同。在这种情况下，一般来说，对战斗使用的要求考虑得少些，例如，机动性要差一些；而在引导精度等方面的技术要求却更高一些，其构成也更复杂一些。

## 1.2 战术制导雷达

### 一、半自动防空

地空导弹系统是防空系统的组成部分之一。整个半自动防空系统是由各种武器和指挥中心组成的。一个地区的防空系统由指挥中心指挥，下属各战斗中心；而各战斗中心又分别掌握各种防空手段与武器，如歼击机、地空导弹、防空雷达、高射炮兵以及观察通讯站等。

由上述可见，地空导弹是防空的主力兵器之一。地空导弹由制导雷达引导，而初始信息则来自远方的观察通讯站或上级指挥所。制导雷达只在它能够控制导弹的距离范围内起作用。

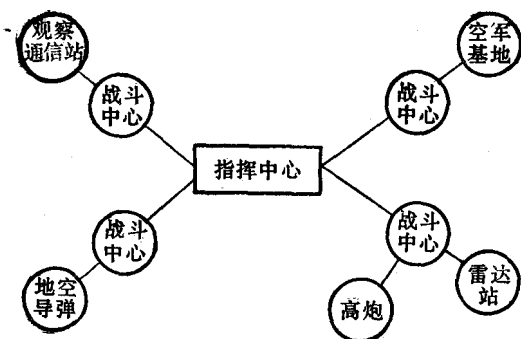


图1.2 半自动防空体系略图

## 二、反击机动目标的导弹

这里指的机动目标，可以是敌人轰炸机、歼击机，也可以是执行各种特殊任务的敌人侦察机。

这些敌机可能单架或小机群对我方实施突击，也可能许多轰炸机同时袭击我方大面积地区。敌人袭击方式通常是按高度和时间作梯次配置，并经常利用夜间或其它复杂气象条件，而且还可能施放大量的雷达干扰物。在临近空袭目标时，这些敌机会作各种机动，如爬高、俯冲、急转、跃升等。地空导弹要在上述的情况下完成拦击目标的任务，地空导弹应具有一系列与之相对抗的战术技术性能、组成和特点：

1. 战斗部。由于空中目标的速度快，机动能力强，形体尺寸又小，难于直接命中，所以地空导弹的战斗部必须具有几十米的有效摧毁半径，而且又必须具有较小的自身重量。

2. 控制系统与导引设备。制导地空导弹飞行总是采用

自动控制系统或半自动系统，以保证足够的精度，引导导弹准确地导向目标。

经常采用遥控系统：指令制导、波束制导、半主动寻的制导以及综合制导等体制。而实现这些体制的设备的主要部分是制导雷达。

3. 导弹的助推发动机。近距离的地空弹一般采用单级发动机。它的可靠性高，并且不受发射场地的限制。但随着飞行距离的增加，要求导弹发动机推进剂的重量迅速增加，导致发射重量也很快增加。因而有必要采用两级发动机，一级主发动机，另一级助推发动机，也叫助推器。有了助推器，能使导弹很快加速到预定速度。克服导弹在飞行初始段，因重力作用而产生的下沉现象，迅速达到导弹舵的控制面上所需空气动力要求的速度。

而且能减小弹道初始段的散布，使导弹能准确进入制导雷达的天线波束内，保证雷达对导弹的迅速捕获。此外，当助推器工作完成之后，主发动机点火，助推器脱落。由于导弹已加速到高速度，所以主发动机不需要很大，使导弹能在比较小的重量下飞行。地空导弹的结构示意图如图 1.3 所示。

4. 发射方法。地空导弹通常布署在固定防区。导弹发射架可以转动，当接受到制导雷达站送来的同步信号时，能自动地转到所需的方位角及高低角方向上。

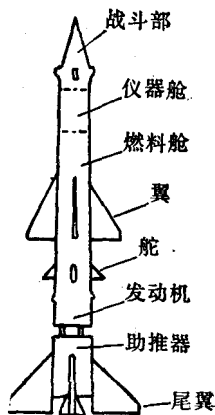


图1.3 地空导弹

5. 杀伤区。在区域内任意一点，导弹能以给定的概率与目标相遇，这个区域就是杀伤区。区域的边界由下列条件构成：区域的低界决定于雷达能截获目标的高度，因为存在地物干扰，雷达不能贴着地平线工作。区域的高界决定于导弹能拦截目标的高度，即决定于导弹的机动性能。区域的近界决定于雷达能跟踪目标和导弹的最近工作距离。区域的远界则决定于地空弹的最大飞行距离。

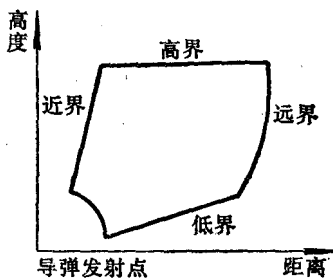


图1.4 杀伤区的垂直剖面图

图 1.4 示出杀伤区的垂直剖面图，而图 1.5 示出的是杀伤区的立体示意图。

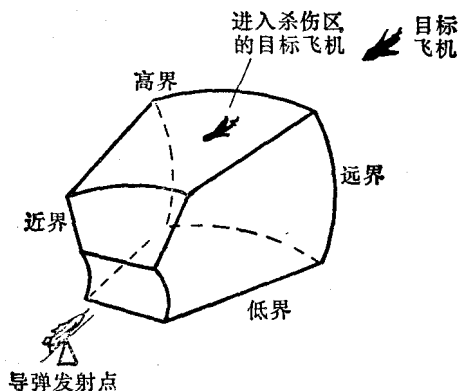


图1.5 杀伤区的立体示意图

从以上地空导弹的特点可见，它们大都与导弹本身的特

性及其制导雷达的特性有关。

### 三、战术制导雷达

制导地空导弹的雷达，由搜索雷达、跟踪雷达、计算机及显示控制台等组成。图 1.7 表示一种典型设备的简图，上半部是跟踪雷达，下半部是搜索雷达。

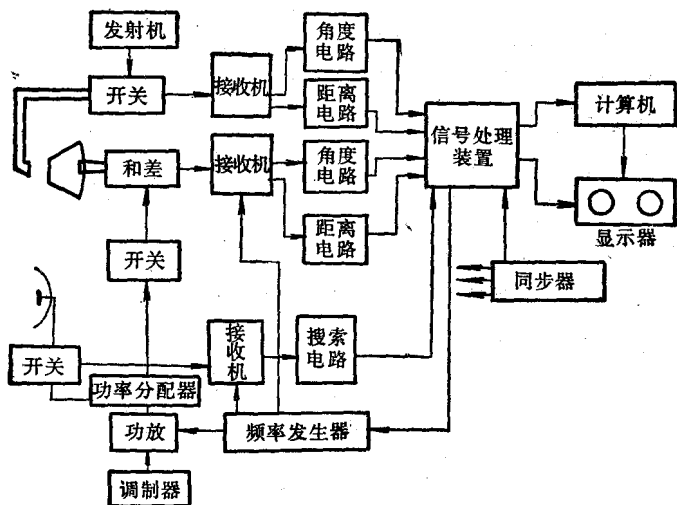


图1.6 战术制导雷达方框图

搜索雷达和跟踪雷达共用一部发射机。搜索时全部功率都给搜索雷达，跟踪时两部雷达平分可用功率。

搜索雷达通常是一部脉冲多普勒雷达，工作在三厘米波段，脉冲宽度通常只有十分之几微秒。因此，能获得很好的距离鉴别率。天线每分钟旋转数十转，以快速获得目标信息。当搜索到目标后，控制电路使跟踪雷达投入工作。

跟踪雷达有两个波段，共用一个抛物面反射天线。一个



是三厘米波段，从抛物面背部馈电，从栅网状的第二反射面反射到抛物面上，再由抛物面反射向天空。另一个是八毫米波段，从抛物面前面馈电，它能透过栅网状第二反射面，到达抛物面反射器，被反射后形成跟踪波束。其结构简图如图1.7所示。原理如图1.8。

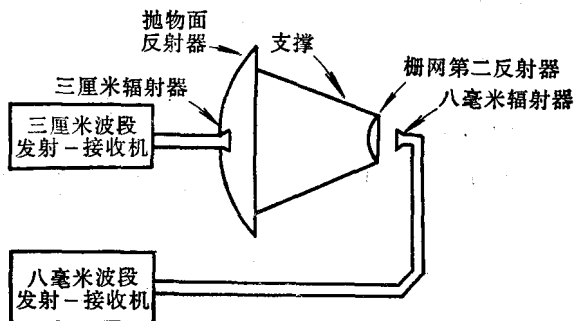


图1.7 双波段天线

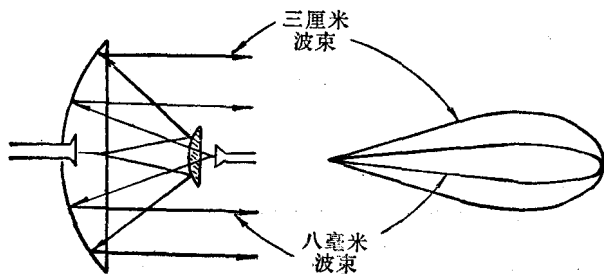


图1.8 双波段天线波束形成原理

在跟踪时，两个波段同时工作，有各自的发射机和接收机，只不过共用一个抛物面反射器。各自接收到的信号输送到视频处理装置。在该装置内，根据所收到的信号噪声比自