

# 雷达显示四



上海科学技术出版社

413332

419352

TN957  
05

· 雷达技术 ·

# 雷达显示器

《雷达技术》编写组

HK06/01



C0162565

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

《雷达显示器》内容包括距离显示器、环视显示器、直角坐标显示器等较为常见的雷达显示设备及其电路，并对雷达显示设备中常用的示波管原理作了较为详细的介绍，书末附录中给出了各类国产示波管的典型参数。

本书可供雷达专业的学员和从事雷达研制、生产和使用的读者参阅。

雷 达 技 术

雷 达 显 示 器

《雷达技术》编写组

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 7.875 字数 204,000

1978年9月第1版 1978年9月第1次印刷

印数 1-17,000

书号: 15119·1941 定价: 0.78元

# 前 言

《雷达技术》是一套中级技术读物，目的是为雷达技术专业的学员和从事雷达研制、生产和使用的读者提供雷达技术的一些基本知识。由于我国半导体技术和雷达技术的迅速发展，新型的器件和电路层出不穷，故不能将所有雷达的电路都纳入本书。

遵循伟大领袖毛主席关于“教材要彻底改革”的教导，在本书编写过程中，编写组的同志努力按照“独立自主”、“自力更生”和“洋为中用”的方针，力求使本书达到理论与实践的统一。

《雷达显示器》一书以示波管终端指示装置作为主要讨论对象，介绍常用的雷达显示器及其电路，包括距离显示器，环视显示器，直角坐标显示器等。

在本书的编写过程中，得到了上海、南京等地的工人、技术人员、教师的大力支持和热情帮助，许多工厂、院校和研究所参与了本书的审稿和定稿工作，并提出了许多修改意见，对我们修正错误，提高书稿质量起了十分有益的作用，在此表示衷心感谢。由于我们的实践经验和理论水平有限，书中肯定有不少缺点和错误，殷切期望广大工农兵读者和技术人员提出批评建议。

《雷达技术》编写组

1977年11月

# 目 录

## 第一章 概 述

- 1-1 雷达显示器的作用和类型 .....1
- 1-2 雷达显示器的组成和雷达站对显示器的要求 .....5

## 第二章 示 波 管

- 2-1 引言 .....13
- 2-2 电子束的聚焦和示波管的聚焦装置 .....14
- 2-3 电子束的偏转和示波管的偏转系统 .....30
- 2-4 示波管的合理选择和正确使用 .....46

## 第三章 距 离 显 示 器

- 3-1 引言 .....56
- 3-2 直线扫描的距离(A型)显示器 .....58
- 3-3 距离扫描系统 .....59
- 3-4 距离刻度系统, 定时-测距组合 .....75
- 3-5 采用电子放大镜和可移刻度的 A/R 型显示器 .....119
- 3-6 采用圆形扫描的 J 型显示器 .....132
- 附: 距离自动跟踪 .....138

## 第四章 环 视 显 示 器

- 4-1 引言 .....149
- 4-2 旋转线圈式环视(P型)显示器 .....152
- 4-3 固定线圈式环视显示器 .....175

## 第五章 直 角 坐 标 显 示 器

- 5-1 “距离-方位角”(B型)显示器的工作原理 .....199

5-2 典型 B 式显示器.....	210
5-3 “距离-高低(仰)角”(E 型)显示器 .....	222
5-4 “距离-高度”(RHI 型)显示器 .....	229

## 附 录

附录一 各类国产电子束管的典型参数 .....	238
附录二 各类屏幕性能 .....	244
附录三 电子束管型号的命名方法 .....	246

# 第一章 概 述

## 1-1 雷达显示器的作用和类型

雷达是靠目标对无线电波的反射作用来测定目标位置的，因此有时称其为无线电定位技术，为了完成这个任务，通常一具脉冲制的雷达站中包括发射机和接收机两部分，接收机和发射机公用一个天线，为此需有一个天线开关设备转接，如图 1-1 所示。雷达显示器作为雷达站的终端设备，它的任务是总结雷达站各部分的工作，并用信号幅度或者以亮度形式来表达和确定被测目标是否存在，以及测定目标在空间的位置。

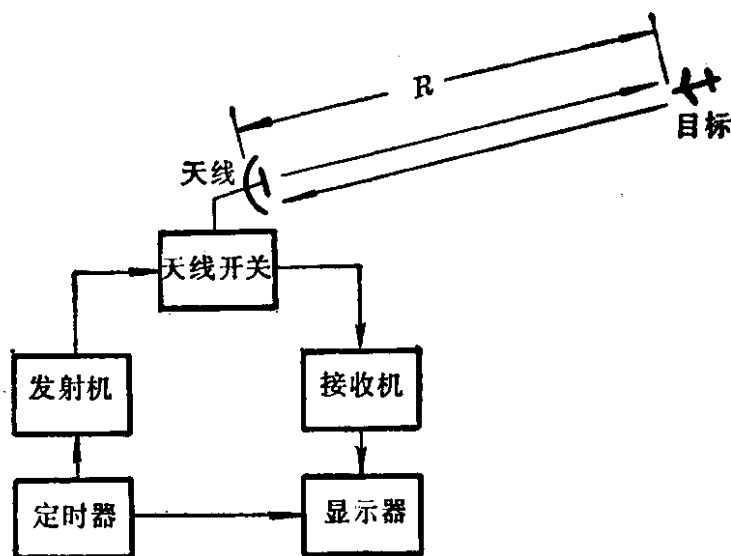


图 1-1 脉冲制雷达的组成

对空间目标(飞机、导弹)来说，目标位置可由斜距  $R$ 、方位角  $\alpha$  和仰角  $\beta$  (或高度  $H$ ) 三个坐标来表示，如图 1-2 所示。图中， $Ox_1x_2$  为一水平面， $Oy$  是其垂线， $H$  表示目标高度， $H_0$  表示水平距离。对一些陆上(坦克)和海面(舰船)目标来说，只要知道距离和方位后，就可定出目标的位置。因此，雷达显示器就要根据不同用途的要求，指示出斜距、方位和仰角(或高度)三个坐标中的全部

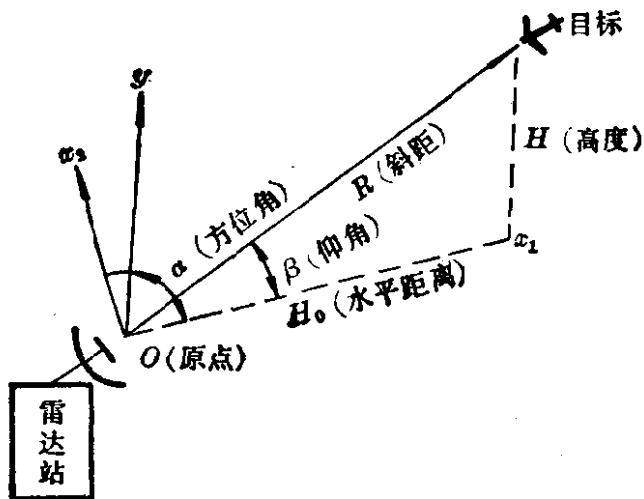


图 1-2 空间目标的三个坐标

或部分数据。为要完成这些任务，有时需要用几个雷达显示器配合使用，一些个别的数据也可由电表或数码进行指示。

目标斜距  $R$  的测定是根据目标对无线电波的反射原理，把距离的测量转变为时间测量的方法来完成的，如图 1-3 所示。若以  $t$  表示无线电(脉冲)波在雷达站和目标间往返一次所需的时间，而电磁波在空间是以光速  $c(3 \times 10^8 \text{ 米/秒})$  传播的，因而目标与雷达站之间的距离  $R$  为：

$$R = \frac{ct}{2} \quad (1-1)$$

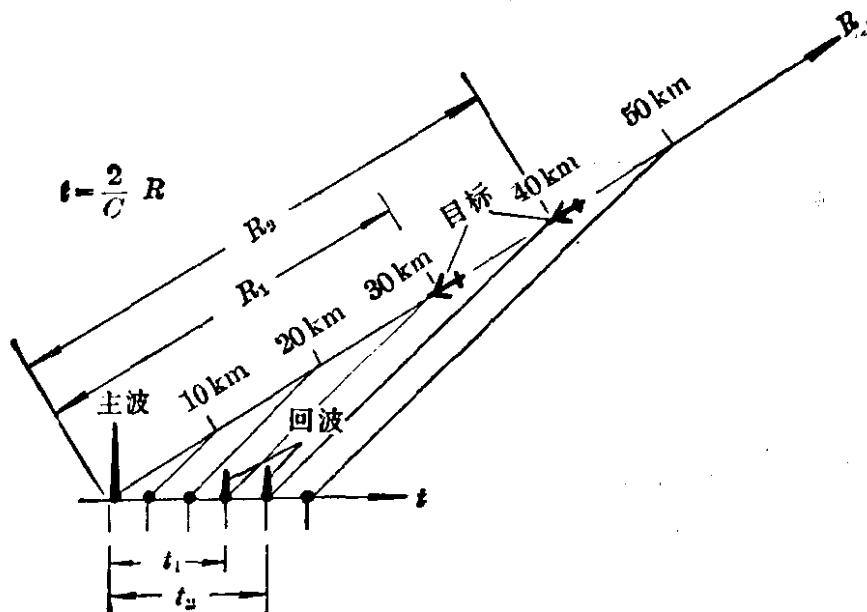


图 1-3 距离和时间一一对应



或改写成:

$$\frac{R}{t} = \frac{c}{2} = \frac{3 \times 10^8 \text{ 米/秒}}{2} = 150 \text{ 米/微秒 (m/}\mu\text{s)}$$

即在雷达显示器上所指示的时间间隔每一微秒相应的距离为150米,也就是说时间和距离有一一对应的关系:

$$1 \text{ 微秒 } (\mu\text{s}) \Leftrightarrow 150 \text{ 米 (m)}$$

$$6.67 \text{ 微秒} \Leftrightarrow 1000 \text{ 米 (1 公里)}$$

$$12.3 \text{ 微秒} \Leftrightarrow 1 \text{ 浬}$$

$$(1 \text{ 浬} = 1.852 \text{ 公里})$$

因此只要我们设法测量出回波相对于主波间的时间间隔 $t$ ,便能方便地算出目标物离开雷达站之间的距离。

例:  $t_1 = 200 \mu\text{s}$ , 则

$$R_1 = 150 \text{ m/}\mu\text{s} \times (200 \mu\text{s}) = 30 \text{ km}$$

或

$$R_1 = \frac{200 \mu\text{s}}{6.67 \mu\text{s/km}} = 30 \text{ km}$$

若是海上目标,则常用浬计算:

$$R = \frac{200 \mu\text{s}}{12.3 \mu\text{s/浬}} = 15.44 \text{ 浬}$$

必须指出,在通用的示波器上是用时间来刻度(标记)的,而在雷达显示器上鉴于距离和时间有一一对应的关系,通常就直接采用距离进行刻度(标记),我们通常称为距离标志(或简称距标)

仅仅用来测量距离的显示器我们称为距离显示器。常见的有采用直线扫描的A型显示器和采用电子放大镜的A/R型显示器,此外有些场合为了提高测距精度而采用圆周扫描的J型显示器等。其画面分别如图1-4(a)、(b),图1-5所示。

目标角坐标(方位角 $\alpha$ 和仰角 $\beta$ )的测量是根据天线具有方向性,以及波束在空间的扫描和显示器的方位扫描相一致的原理。显示器的方位扫描方式通常是使距离扫描线在显示器屏幕上旋转或平移,并严格地与天线波束的扫描同步。目标所产生的回波在屏幕上以亮点的形式显示在某一条扫描线上,扫描线在屏幕上所处的位置就指示了目标方位的数据。

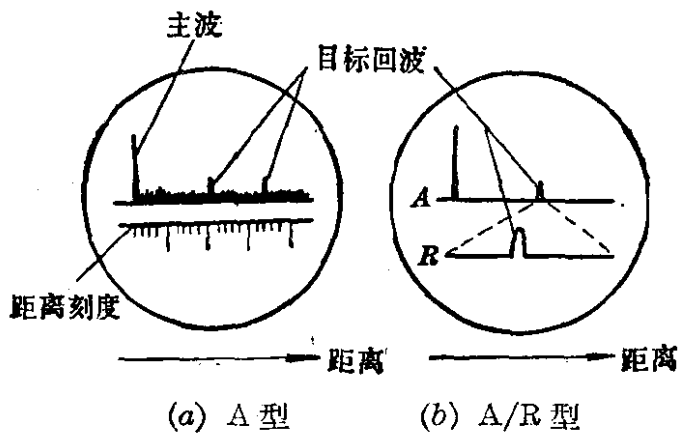


图 1-4 直线扫描的距离显示器画面

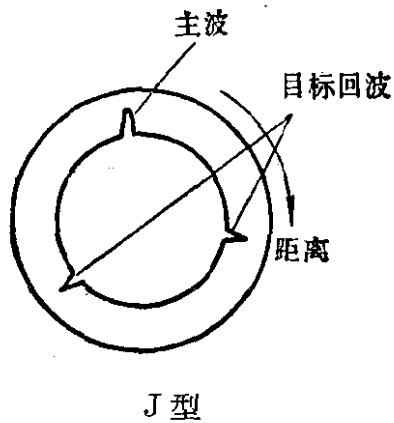


图 1-5 圆周扫描的距离显示器画面

距离扫描线在屏幕上旋转的显示器称为径向圆扫描显示器 (P型), 其画面如图 1-6(a) 所示, 为清晰起见, 图 1-6(b) 画出了

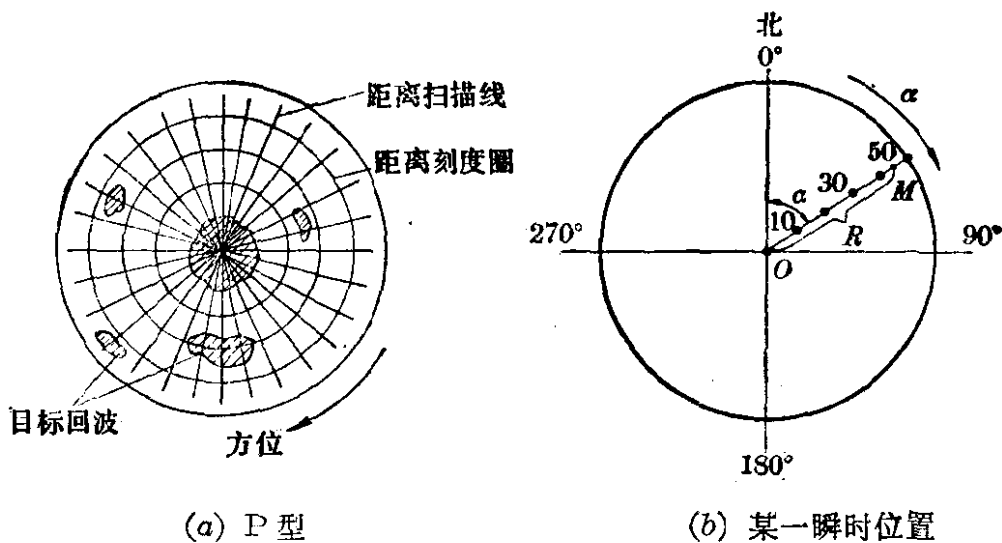


图 1-6 径向圆扫描显示器画面

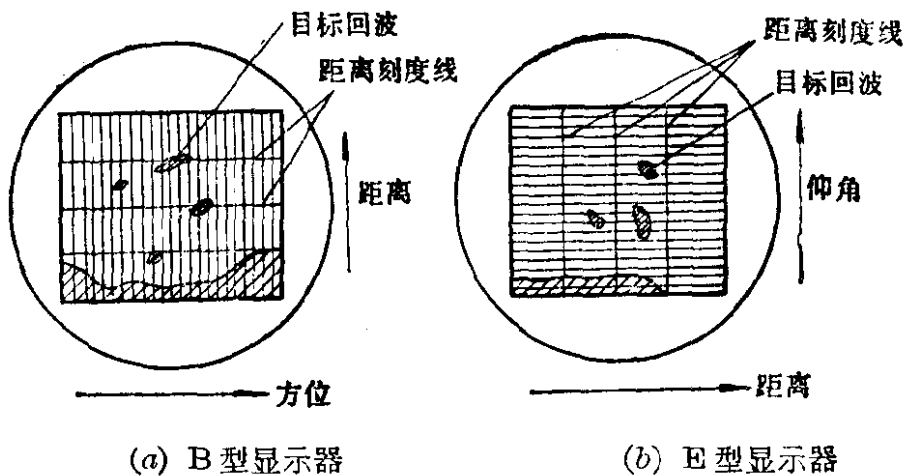


图 1-7 直角坐标显示器画面

某一瞬时位置时的情况。图中， $M$  表示目标， $R$  是其斜距， $\alpha$  为方位角。

距离扫描线在屏幕上平移的显示器称为直角坐标显示器，指示距离和方位角的显示器称为 B 型显示器，其画面如图 1-7(a) 所示。指示距离和仰角的显示器称 E 型显示器，其画面如图 1-7(b) 所示。

除上述按扫描方式分类外，雷达显示器还可按显示的坐标数目分，也可按调制方式分类，为便于比较，兹把各类显示器的分类的方法列于如表 1-1，各类显示器的画面如表 1-2 所示。

表 1-1 显示器的分类表

按扫描方式分	按 显 示 坐 标 数 目 分		
	一 度 空 间	二 度 空 间	三 度 空 间
	按 调 制 方 式 分		
	偏 转 调 制	亮 度 调 制	
直 线 扫 描	A A/R K、L、M、N	B E 微 B、C、F、G	H、D
圆 周 扫 描	J		
径 向 圆 扫 描		P(PPI)	I

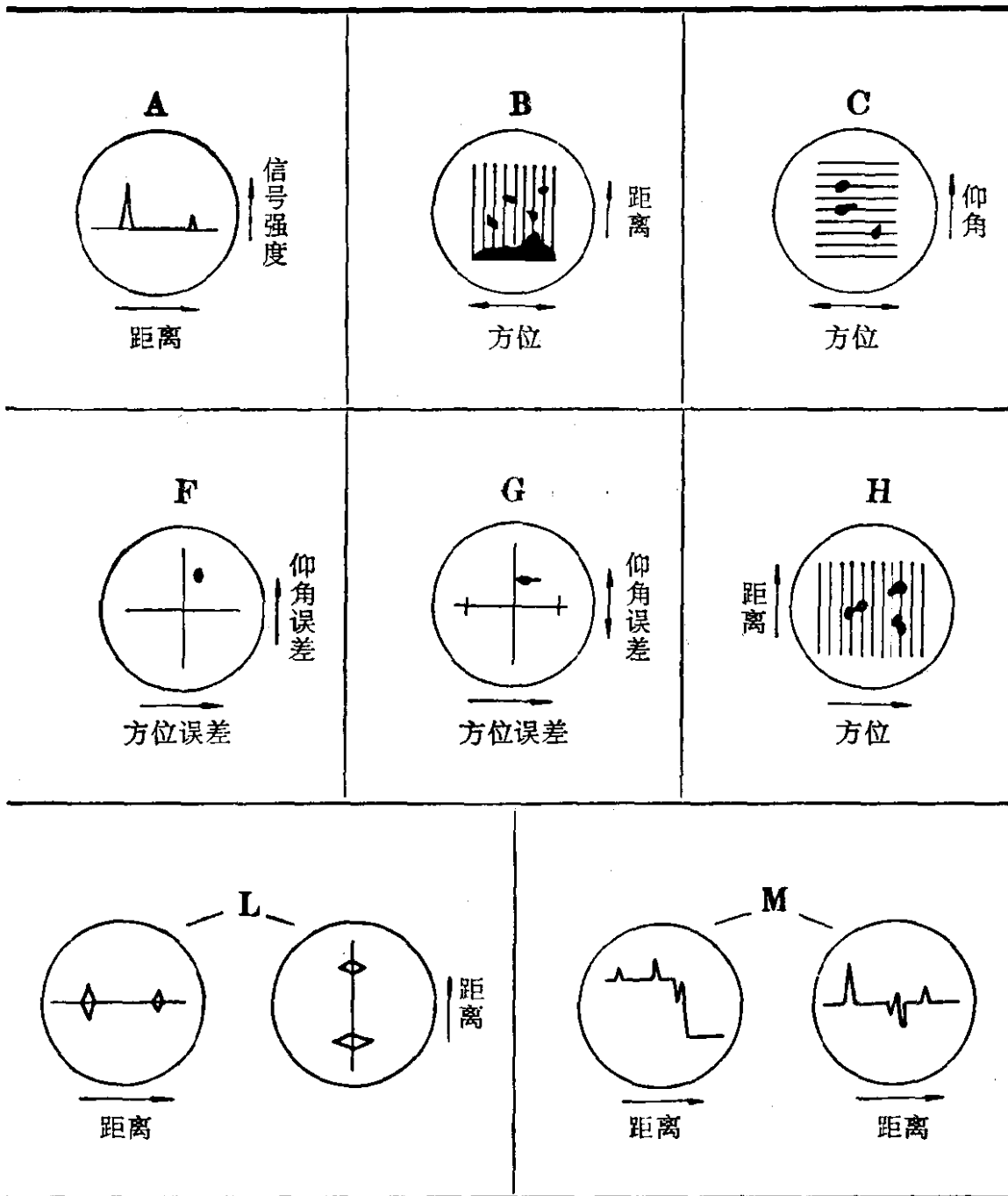
## 1-2 雷达显示器的组成和雷达站对显示器的要求

雷达显示器主要由下列几部分组成：

1. 示波管及辅助电路；
2. 扫描部分；
3. 刻度部分；
4. 视频放大部分。

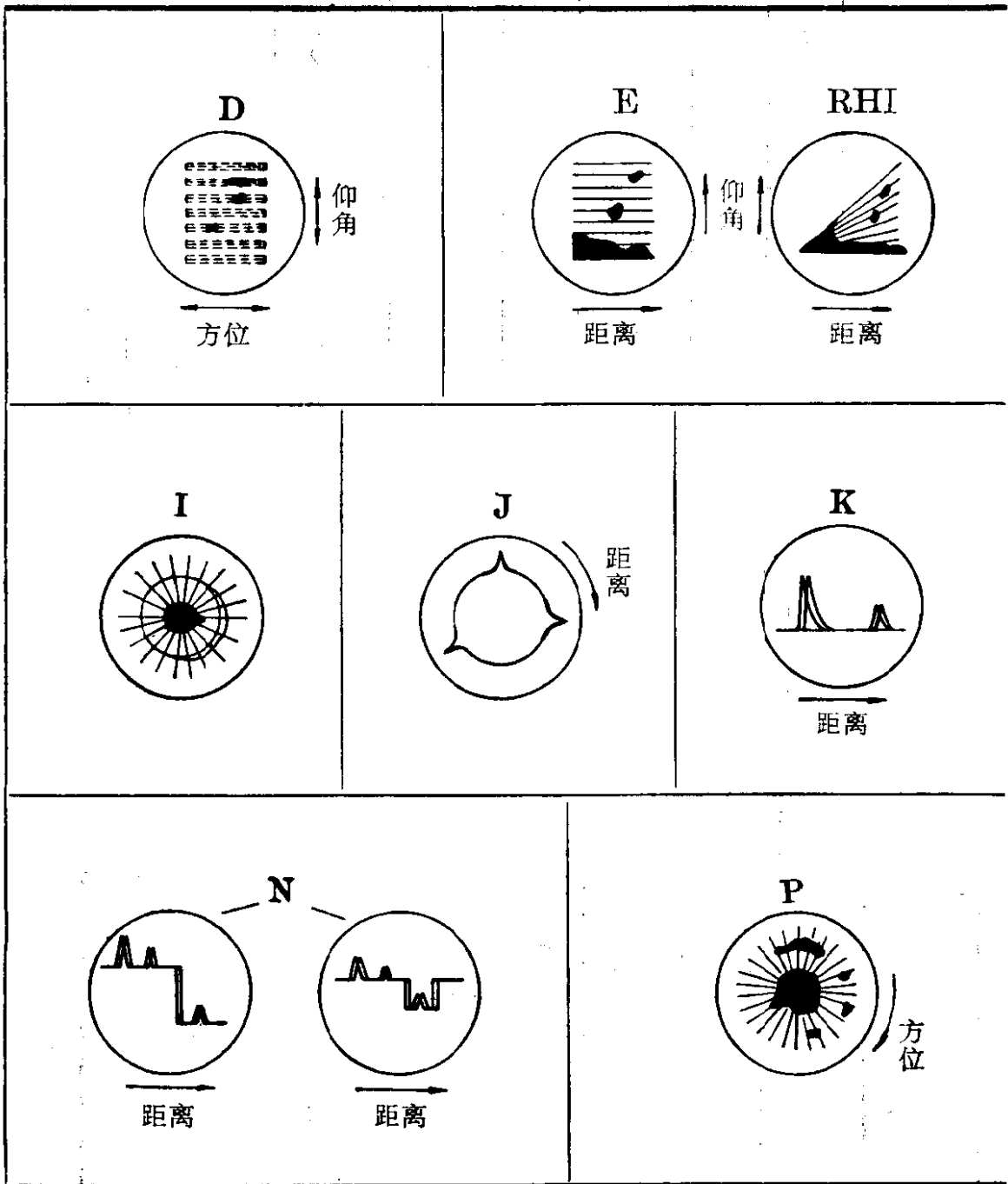
一具典型的雷达显示器方框图如图 1-8(a) 所示，它与雷达站

表 1-2 各类



注: A型 距离显示器,水平方向表示距离,垂直方向表示信号强度。  
 B型 距离-方位显示器,水平方向表示方位,垂直方向表示距离。  
 C型 方位-仰角显示器,水平方向表示方位,垂直方向表示仰角。  
 D型 由信号在方位上亮迹的宽度粗略地表示距离信息。  
 E型 距离-仰角显示器,右方是距离高度显示器(RHI)。  
 F型 只表示单个目标的信号,当没有信号时,亮点展成一圆。  
 G型 只表示单个目标的信号,光点上带有“翅”,“翅”的长短大约地比例于距离。  
 H型 信号表示为两点,左边的点给出距离和方位,两点的高低粗略地指示仰角。

显示器的画面



**I 型** 天线作圆锥扫描, 信号表示为一圆, 它的半径比例于距离, 加亮的部分表示圆锥体轴至目标的方向。

**J 型** 类似于 A 型, 仅扫描线为一圆, 且信号沿径向偏转。

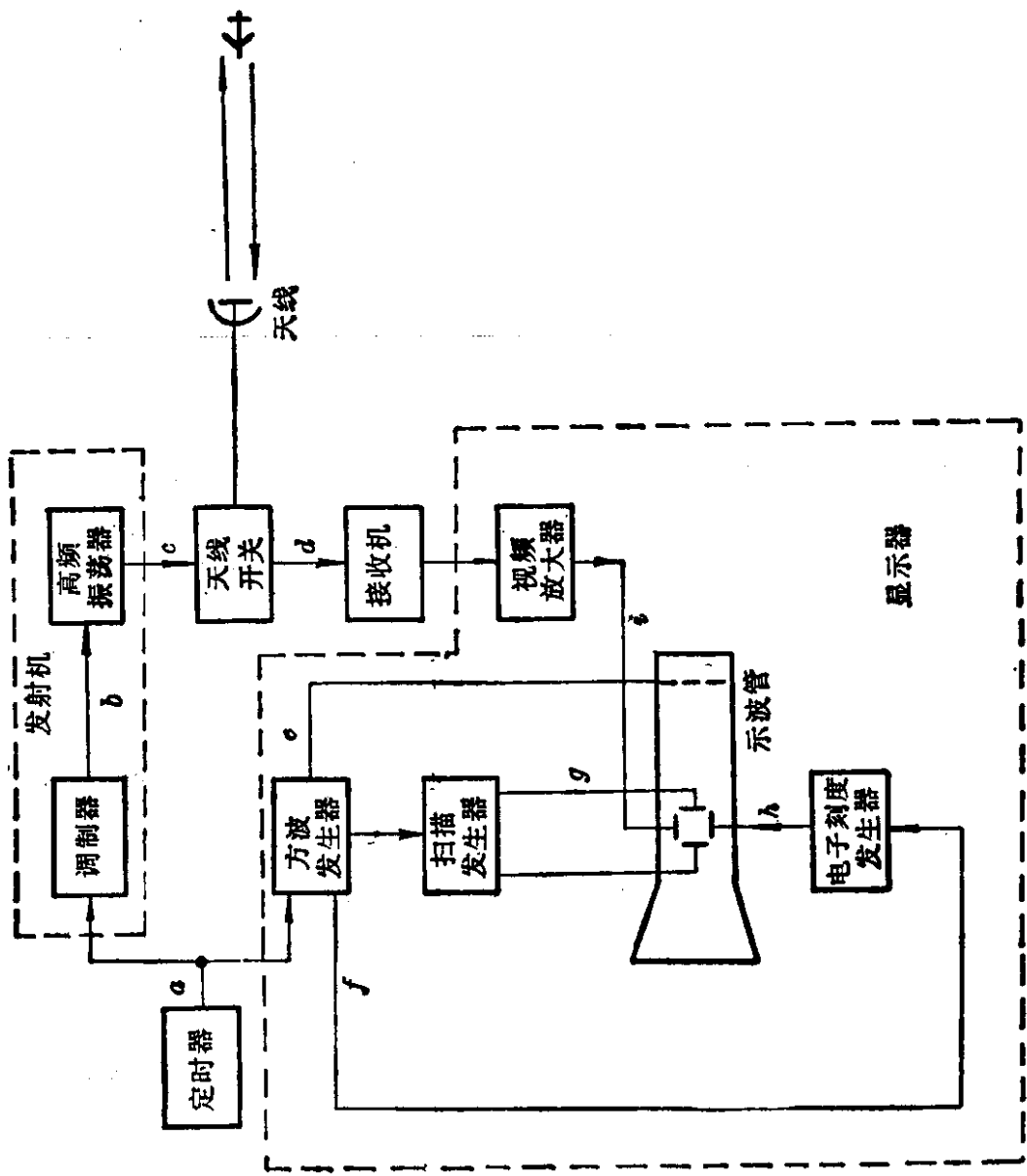
**K 型** 具有交替工作的 A 型, 并列的信号来自两个天线, 当两信号幅度相等时, 表示天线对准目标。

**L 型** 与 K 型相似, 但由天线得到的信号是对列的。

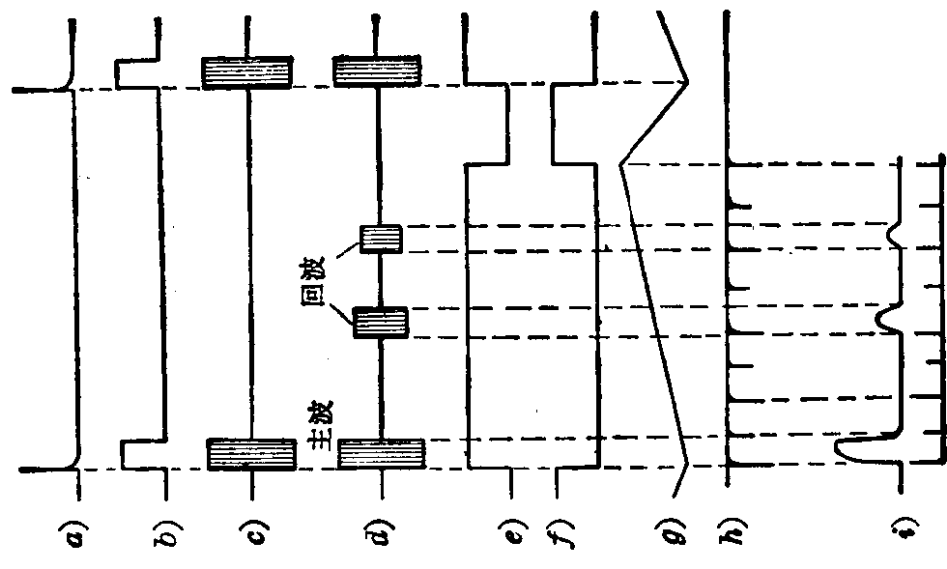
**M 型** 具有台阶或凹口的 A 型, 当台阶或凹口对准信号时, 可在度盘上或由计数器读出距离。

**N 型** L 型和 K 型的结合。

**P 型** 环视显示器, 其距离由径向间距表示。



(a) 方框图



(b) 波形图

图 1-8 雷达显示器(幅度调制)的方框图及各点波形

的其他分机协同工作,在时间上保持严格的同步,图中各主要点的波形如图 1-8(b)所示。

定时器是雷达站各分机协同工作的“指挥”,它发出信号(a),一方面促使雷达发射机发出射频搜索脉冲(主波)(c),射频脉冲的宽度由调制器形成的视频脉冲(b)所决定。与此同时,信号(a)同时“通知”显示器工作,开始计时,即发射机与显示器的工作是严格同步的。

显示器中的方波发生器在定时器的触发脉冲作用下,形成正负极性的矩形脉冲波。负极性矩形脉冲(f)控制扫描发生器,产生锯齿波电压(g),加到电子束管的水平偏转板上,使电子束轰击萤光屏所产生的光点自左至右地在屏幕上移动,从而形成扫描线,光点移动的速度由锯齿波电压上升的速度决定。正极性矩形脉冲(e)加至电子束管的控制极,使屏上的扫描线在扫描正程时间辉亮,而在回扫(回程)时以负偏压截止电子束,从而使回扫线消隐。

发射机发出的射频(搜索)脉冲,遇目标反射回来,此信号(d)由天线接收后,经接收机变换和放大,获得视频脉冲,再经视频放大器放大,以足够大的视频脉冲信号加至电子束管的垂直偏转板上。在每一个脉冲出现期间,光点在水平偏转的同时,垂直于扫描线产生偏转,结果在扫描线上就形成了脉冲尖峰(i),它与视频脉冲信号一致。显示器上的第一个脉冲表示发射的主波,它是发射机发出的射频信号由于天线开关漏入接收机而形成的,其余的脉冲波则表示由目标反射回来的回波信号,主波和回波的时间间隔表示目标与雷达站之间的距离。当一个扫描过程结束后,光点便返回起点,等待下一个触发脉冲到来后再次扫描,由于触发脉冲是周期性的,因而光点便在萤光屏上周而复始地移动。

由于采用线性较好的锯齿波扫描,因而扫描线的长度与时间成正比,又如前所述,时间与目标距离成正比,因此在扫描线的下面,可以等间距地进行距离刻度,这样就可足够精确地读出处于扫描线上任何位置的目标距离。若刻度尺的零点与搜索脉冲(主波)的起点相重合,则目标与雷达站之间的距离,可由回波信号的起始

点直接读出。为了进一步提高刻度的精度，常采用电刻度代替上述机械刻度。电刻度是频率(周期)很稳定的尖脉冲串(称校准标志，或距标)。按照雷达的作用距离，通常使两个脉冲间相应的距离为1~10公里(涅)。

在雷达显示器中采用的示波管有静电控制和磁控制的两类，前者采用锯齿波电压加于偏转板上进行扫描，而后者的扫描则依赖锯齿电流加于偏转线圈中完成的。

在要指示两个坐标以上的显示器中，要同时显示出目标的方位角(或仰角)，显示器必须具有与天线旋动相同步的方位扫描机构(旋转或摆动)如图1-9所示。这时示波管的两对互相垂直的偏转板或偏转线圈都被扫描(距离扫描和方位扫描)所占用，因此信

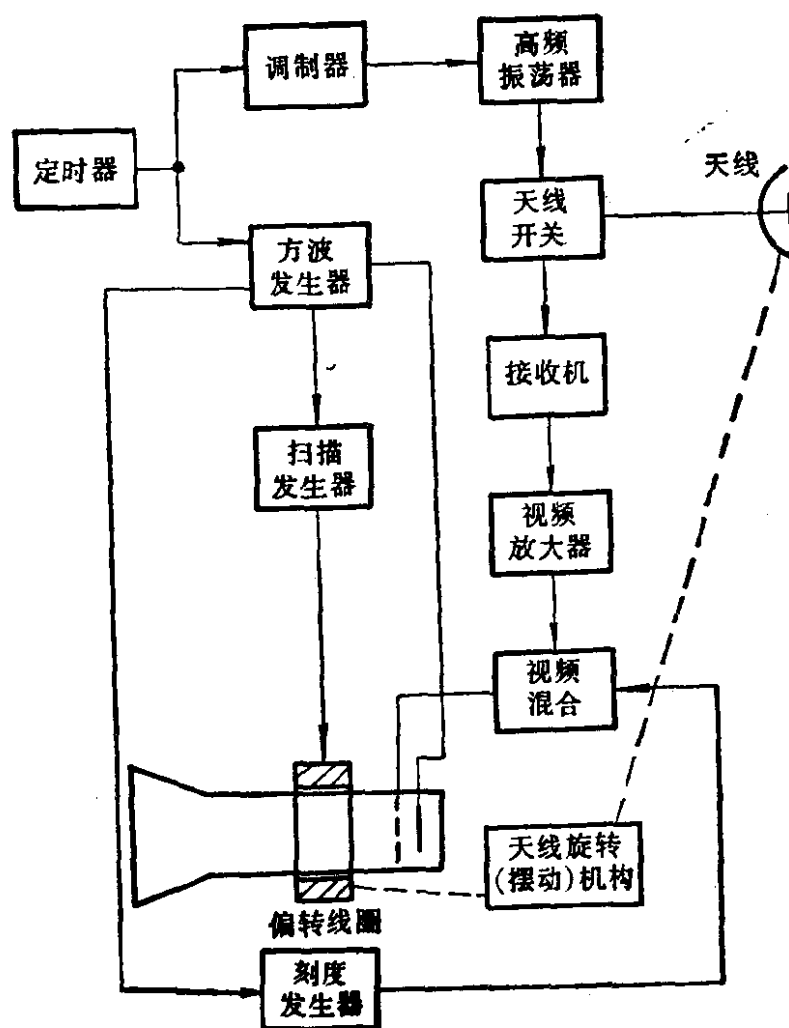


图1-9 雷达显示器(亮度调制)的方框图  
旋转时为P型显示器；摆动时为B型显示器



号只能加至示波管的控制极(或阴极),这样,目标在萤光屏上就以亮点形式出现,即以亮度调制的形式出现,电刻度脉冲也常与信号混合后加在示波管的控制极上,它在萤光屏上表现为等距离的加亮点,这些亮点在显示器作旋转扫描时,就形成了距离刻度圈,如图 1-6(a)所示。在显示器作摆动(直线)扫描时,就形成了距离刻度线,如图 1-7 所示。

上述 A(A/R)型, P(PPI)型和 B型显示器是最有代表性的三种显示器,它们的距离扫描和距离刻度都相差不多,不同点主要反映在方位扫描和方位刻度两个方面。伟大领袖毛主席教导我们:“为要暴露事物发展过程中的矛盾在其总体上、在其相互联结上的特殊性,就是说暴露事物发展过程的本质,就必须暴露过程中矛盾各方面的特殊性,否则暴露过程的本质成为不可能,这也是我们作研究工作时必须十分注意的。”为此,我们在研究各类显示器的共性的同时必须尤其注意“认识事物的基础的东西”——特殊性(即个性)。

雷达站对显示器的要求是由雷达的战略战术的技术参数决定的,通常有以下几点:

1. 需要在显示器上测读目标坐标的数量及种类:即显示目标的斜距,方位角、仰角(高度)中的一个、二个或三个。
2. 待测目标坐标的量程:即要求显示器能显示多大的距离及方位的范围。
3. 测定坐标的准确度:即显示器的读数与目标真实坐标的误差。
4. 对目标坐标的分辨力:即分辨两个相邻目标的能力。
5. 测定目标所需的时间(即测量速度),方便程度,与其它系统配合使用的关系。
6. 运用参数方面的要术,如体积,重量,工作温度,电源电压、频率和功率消耗,耐振程度等。

在设计显示器时,应以上述要求为依据,抓住主要矛盾,确定那些方面是雷达站对显示器的主要要求,并给以尽可能的满足。以