

雷 达 显 示 设 备

中国科学院
电子学研究所

58

8

雷 达 显 示 設 备

邱 朝 林 編

內 部 資 料

北 京 科 学 教 育 出 版 社

1961年8月

73.4
358
12

目



第一章 概論

§1 概述	3
§2 显示器的分类	9
§3 显示器的組成部分	10
§4 雷达站对显示器的要求	11

第二章 示波管

§1 概述	12
§2 电子枪	13
§3 偏轉系統	16
§4 螢光屏	24
§5 高压电源	25
§6 用于雷达显示器的若干种示波管的工作数据	26

第三章 距离显示器

§1 概述	30
粗測距离显示器	
§2 粗測距离显示器的扫描系統	31
§3 刻度系統	35
§4 A 型显示器的方框图和綫路图	38
§5 K型、L型、M型显示器	40
精測距离显示器	
§6 提高測距准确度的基本方法	43
§7 可移刻度	46
§8 A/R 型显示器	51
§9 J型显示器	56

第四章 环視显示器

§1 概述	64
旋轉綫圈式环視显示器	
§2 旋轉綫圈式环視显示器扫描系統	66
§3 刻度系統	68
§4 旋轉綫圈式环視显示器的方框及各种演变型式	72
固定綫圈式环視显示器	
§5 扫描产生	74

§6 后分解法	82
§7 先分解法	82
§8 固定线圈式环视显示器各种方案的比较	82
§9 固定线圈式环视显示器方框图及工作原理	82
§10 固定线圈式与旋转线圈式环视显示器优缺点比较	82
航空用环视显示器	
§11 特点和扫描产生的方法	82

第五章 直角坐标显示器

§1 B型显示器	85
§2 距离高度和距离仰角 (E型) 显示器	91
§3 C型、F型、G型显示器	95

附录

§1 A/R型显示器实例	99
§2 双管J型显示器线路举例	102
§3 旋转线圈式环视显示器线路举例	105
§4 固定线圈式环视显示器实际线路举例	107
§5 E型显示器实际线路	110
§6 微B型显示器实际线路举例	112
§7 距离高度显示器线路实例	115
§8 方位角仰角显示器 (C型) 实例	118

第六章 雷达数据变换

§1 概述	120
§2 距离变换器	121
§3 转角——数字变换器	128
§4 电压——数字变换器	131
§5 数字——模拟变换器	136
§6 雷达站与变换和计算装置的联合工作	142

73.4
358
12

目



第一章 概論

§1 概述	3
§2 显示器的分类	9
§3 显示器的組成部分	10
§4 雷达站对显示器的要求	11

第二章 示波管

§1 概述	12
§2 电子枪	13
§3 偏轉系統	16
§4 螢光屏	24
§5 高压电源	25
§6 用于雷达显示器的若干种示波管的工作数据	26

第三章 距离显示器

§1 概述	30
粗測距离显示器	
§2 粗測距离显示器的扫描系統	31
§3 刻度系統	35
§4 A 型显示器的方框图和綫路图	38
§5 K型、L型、M型显示器	40
精測距离显示器	
§6 提高測距准确度的基本方法	43
§7 可移刻度	46
§8 A/R 型显示器	51
§9 J型显示器	56



第四章 环視显示器

§1 概述	64
旋轉綫圈式环視显示器	
§2 旋轉綫圈式环視显示器扫描系統	66
§3 刻度系統	68
§4 旋轉綫圈式环視显示器的方框及各种演变型式	72
固定綫圈式环視显示器	
§5 扫描产生	74

2949

1-301-1-

§6 后分解法	82
§7 先分解法	82
§8 固定线圈式环视显示器各种方案的比较	82
§9 固定线圈式环视显示器方框图及工作原理	82
§10 固定线圈式与旋转线圈式环视显示器优缺点比较	82
航空用环视显示器	
§11 特点和扫描产生的方法	82

第五章 直角坐标显示器

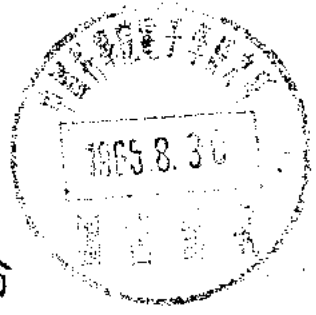
§1 B型显示器	85
§2 距离高度和距离仰角 (E型) 显示器	91
§3 C型、F型、G型显示器	95

附录

§1 A/R型显示器实例	99
§2 双管J型显示器线路举例	102
§3 旋转线圈式环视显示器线路举例	105
§4 固定线圈式环视显示器实际线路举例	107
§5 E型显示器实际线路	110
§6 微B型显示器实际线路举例	112
§7 距离高度显示器线路实例	115
§8 方位角仰角显示器 (C型) 实例	118

第六章 雷达数据变换

§1 概述	120
§2 距离变换器	121
§3 转角——数字变换器	128
§4 电压——数字变换器	131
§5 数字——模拟变换器	136
§6 雷达站与变换和计算装置的联合工作	142



第一章 緒 論

§ 1 概 述

雷达测定目标的位置是靠物体对无线电波的反射。图1-1是雷达机的方框图。发射机经过天线向空间发射无线电波，经目标反射回来，然后经过天线到达接收机，接收机把目标反射回来的回波信号加以放大后送到显示器。

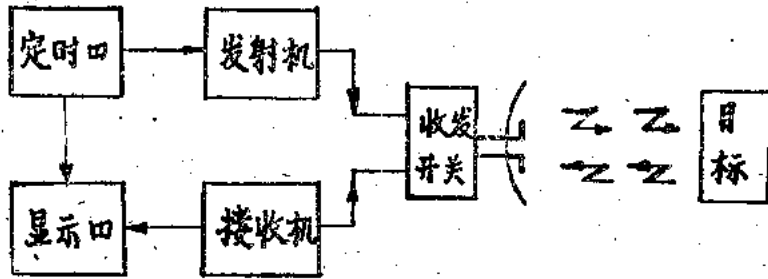


图 1-1

因为电磁波的传播速度等于光速 C ，所以目标与雷达站之间的距离 R 就等于电磁波在两者之间来回一趟的时间 t 乘上传播速度 C ，再被 2 除，即

$$R = \frac{1}{2} C t$$

上式指出，目标距离正比于主波（发射脉冲）与回波（反射脉冲）的相隔时间。

显示器的基本任务就是显示目标和测出这段时间，以推算目标距离，这段时间通常很短，例如当目标到雷达站的距离是 100 公里时，可以算出所要测的时间为 667 微秒，而脉冲宽度更窄到只有零点几微秒到几个微秒。所以显示器的惰性应当非常小，否则就会产生很大的误差，用示波管作显示是最理想的，因为电子真空元件几乎无惯性。

在示波管内，聚焦好的电子束在偏转电场或磁场控制下，在荧光屏上周而复始地等速移动，由此扫出一条亮线，叫做扫描线。

对每一循环（或称重复周期）来说，如果扫描线的起点对应于主波发射时间，而出现在扫描线上的回波信号与扫描起点的间隔便与时间 t 或距离 R 成正比。

除了示波管外，指示灯，警铃和电表等也能充作雷达站的指示器，但由于惯性大，只能指示有无目标或单个目标的数据。

凡能指示目标有无及其座标的装置，叫做指示器，而其中用示波管显示目标来测量其座标的装置，叫显示器。以后我们主要研究显示器。

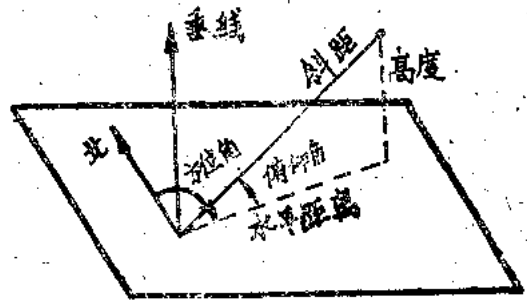


图 1-2

目标的空間球坐标除了最基本的斜向距离 R 外，还有方位角、俯仰角、高度和水平距（图 1-2）。显示器除了根据反射原理测量目标斜距外，又可按照天綫波束的扫描，直接間接地显示目标的其它几个坐标数据。显示方法是让距离扫描綫在屏上扫描（旋轉或平移）与天綫波束的扫描同步。目标的回波显示为某条扫描綫上一个加亮之点（亮度調制），条扫描綫在屏上的位置指出了天綫波束和目标的方向数据。

由上所述可見，显示器是雷达站中的重要組成部分，不仅显示目标有无要靠显示器，更重要的是測量目标的数量、測量的准确度，对一群目标的分辨力以及測量的速度，在很大程度上决定于显示器。这在軍事上有着重要意义，如在炮瞄雷达中精确測距是必不可少的。如在指揮作战上，一个指揮員（連的、营的甚至团的）必須全面观察战場敌我双方的（飞机或軍艦）情况，这要靠显示器才能完成这个任务，而显示目标的好坏和目标情况的全面程度（如目标数目、坐标数目、敌我情况、航速、航向等），对指揮員指揮作战都起着重要的作用。……

其次在大多数雷达中，显示器中的定时系統还起到一个“心臟作用”，即整个雷达站的工作都由显示器的定时系統輸出的同步脉冲来控制。

此外，在非軍事用途上，显示技术的应用也很广泛，如在高空測繪地图、气象測量、机场和海港的測度、飞机导航等都不能离开显示器。又如在地质探测、生产自动化等現代化的生产也需要显示器。

总之显示技术不仅在保卫祖国国防上是一門重要的技术，而且在社会主义的生产和建設中，都具有相当重要的地位。

§ 2 显示器的分类：

雷达显示器的类型多种多样，总括起来可按下列原則分类：以調制方式分类，以显示的坐标数目分类或以扫描方法分类。

調制方式有两种：偏轉調制与亮度調制，都是针对回波信号而言的。当信号使电子束偏轉而在螢光屏上显示目标时则为偏轉調制；当信号以亮点形式显示在螢光屏上时则为亮度調制。在偏轉調制时，信号加在示波管的垂直偏轉极板或針状偏轉极板上，而在亮度調制时，信号加于示波管的控制栅极或阴极。由于調制方式的性质不同，因而在螢光屏上产生的效果也不一样。例如亮度調制的显示器对目标性质判別的能力就比偏轉調制的显示器差。

測定目标位置的坐标数目分一个、两个、三个三种情况。因此，按显示目标坐标的数目分就有：一度空間显示器（显示一个坐标）、二度空間显示器和三度空間显示器三种。一度空間显示器多是显示目标距离的，所以又叫距离显示器，它們都是采用偏轉調制的。二度空間显示器可以同时显示目标的两个坐标（如距离和方位、或距离和高度、或方位角和俯仰角等等），它們都采用亮度調制。三度空間显示器只能对目标的两个坐标显示比較准确，而对第三个坐标只能粗略地显示。

按扫描方式分有三种：直綫扫描、圓扫描和徑向圓扫描。直綫扫描的扫描綫是一根直綫如 A 型；圓扫描的扫描綫是一个圓周如 J 型；徑向圓扫描的扫描綫是一条旋轉的直綫，終点軌迹是一个圓周，如环視显示器；

按显示坐标的数目分法在实际中运用較广，因为它表达了显示器显示目标坐标的能力。下面我們就按这种分法介紹各种主要类型的显示器的画面情况。

（一）一度空間显示器：

一度空間显示器可用来显示目标的斜距，水平距离或高度，其中以显示斜距最为普遍，一度空間显示器采用偏轉调制。有許多二度空間和三度空間的显示器兼能显示斜距，但有时还配备一个一度空間显示器，原因在于只有一度空間显示器是偏轉调制的，其他都是亮度调制；偏轉调制显示法比亮度调制显示法更能从杂音中区分信号，并且又能从信号强弱的变化中判別目标性质。

一度空間显示器的基本型式有A型（图1-3）和J型（图1-4）两种。

A型显示器是直綫扫描，扫描起点与发射机的发射脉冲同步；扫描綫的长度与雷达站的作用距离相对应；扫描的重复频率与发射脉冲的重复频率相同。主波与回波間的扫描綫段代表目标的斜距。



图 1-3

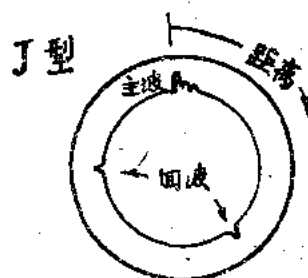


图 1-4

J型显示器是圓周扫描，与A型显示器一样，扫描的重复频率与发射脉冲的重复频率相同，斜距决定于主波与回波之間在順时針方向上扫描綫段弧段之长度。

为了提高测距准确度，把A型显示器的一小段扫描綫扩展为另一示波管的整条扫描綫，这称为电子放大鏡法，放大的显示器叫做R型。A型和R型并存时称为A/R型显示器。

同理J型显示器的一小段圓弧也可扩展为另一示波管的整个扫描圓。这种显示器沒有特別名称。

A型显示器又可用作示波器来檢查雷达站各部分的工作情况。

直綫扫描的显示器有时候兼能指出天綫波束的角误差。每一目标在扫描綫上显示为相邻或相对两个信号，在天綫波束的对称軸对准目标时，两个信号的幅度相等。略有偏差时，就不相等。因此，依靠这种显示器可以校准天綫的方位角或仰俯角。两信号并列的叫做K型显示器（图1-5）对列的叫做L型显示器（图1-6）。

A型显示器的距离讀数依靠螢光屏上的固定刻度，这种方法不能得出准确的距离讀数，因为介于相邻两刻度之間的距离只能依靠估計。为了提高讀数准确度，以一可移刻度加到扫描綫上移来移去（或将扫描綫折为上下两段，折断处可以移来移去）。当它遇到回波时，可

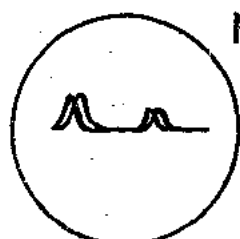


图 1-5

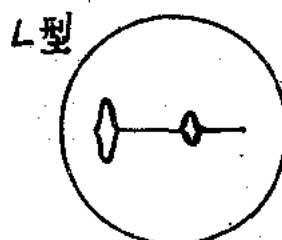


图 1-6

从它的控制元件的度盘上直接读出目标距离。A型显示器上加进“折断式”的可移刻度后就叫做M型（图1-7）；

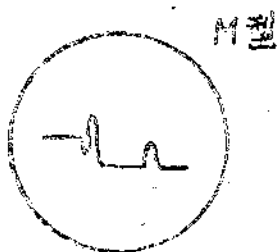


图 1-7

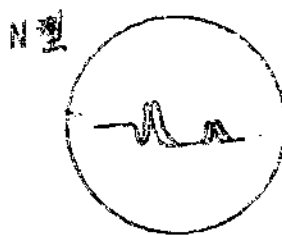


图 1-8

M型与K型的结合叫做N型（图1-8）。

所有一度空间显示器都用短余辉示波管。

（二）二度空间显示器

二度空间显示器以荧光屏的平面显示目标的两个空间坐标。

角座标的显示方法分为三种：1）极座标；2）直角座标；3）作为分解斜距的依据（在一定方向上把斜距分解为水平距离或高度）。

在极座标上显示方位和斜距的显示器叫做环视显示器或平面位置显示器，斜距仍由直线扫描显示，这与A型显示器一样，不过扫描线跟随天线的方位旋转而在屏上同步旋转，情形与表的指针相似。目标显示为扫描线上一个加亮之点，它的距离决定于亮点与扫描起点（在屏的中心）的间隔，方位决定于所在扫描线在屏上的方向（图1-9）。

平面位置显示器是径向圆扫描。

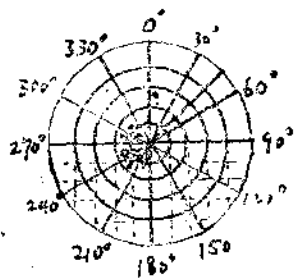


图 1-9

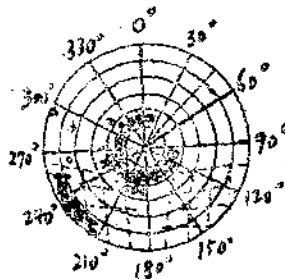


图 1-10

应该注意，在平面位置显示器上，同一平面上目标的相对位置保持不变。

有时候为了便于分清近处各目标的方位而将扫描起点从屏中心分散到一个同心小圆的圆周边。这样的显示器叫做空心环视显示器（图1-10）。必须注意，空心以后，各目标间的相对位置发生了畸变，正常环视显示器上的虚线方格（图1-9）。在空心环视显示器上变成了菱形（图1-10）。

有时候，只有远处目标值得注意，近处没有目标或者虽有而不必理会。在这种情况下，为了充分利用荧光屏而将对应于近距离的扫描线从屏上除掉。换句话说，位于屏中心的扫描起点不对应于雷达站本身位置，而是对应于某一开始引起注意的距离。这样的显示器叫做

延迟环视显示器(图1-11)。各目标间的相对位置在这种显示器上发生很大畸变。

有时候,所要注意的目标只在一个有限的区域以内。在这种场合里,可将扫描中心从屏中心移开,以使所感兴趣的地区占有整个屏面。这样的显示器叫做移心环视显示器或扇形显示器(图1-12)。目标间的相对位置在这种显示器上并没有畸变。

在直坐标上显示斜距和角座标的显示器有B型,微B型和E型。

B型显示器以垂直方向的扫描线显示斜距,扫描线在水平方向的扫描(平移)与天线波束的扫描同步。目标显示为加亮之点,它的纵坐标代表斜距,横坐标代表方位(图1-13)。必须注意,目标间的相对位置在B型显示器上有很大的畸变(由虚线正方格的畸变可以看出)。

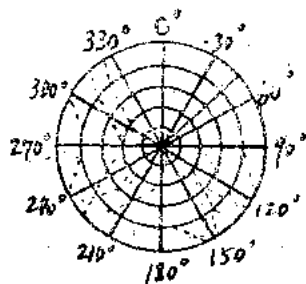


图 1-11

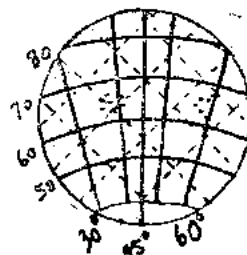


图 1-12

在仅须注意远处某一地区的目标时,距离扫描不从零开始,而从开始引起注意的某一距离开始,这样的显示器叫做微B型或者延迟B型(图1-14)。

以水平方向的扫描线代表水平距离,扫描线在垂直方向上与天线波束的俯仰角同步移动,因此其纵坐标是显示俯仰角的,这种显示器叫E型显示器(图1-15),E型的畸变与B型相似。

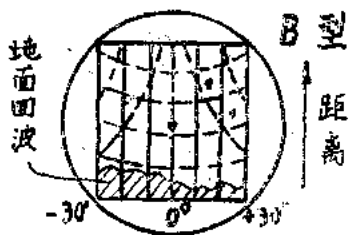


图 1-13

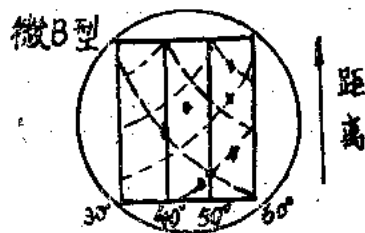


图 1-14

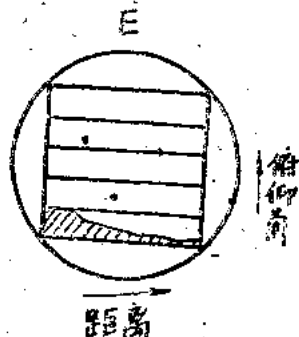


图 1-15

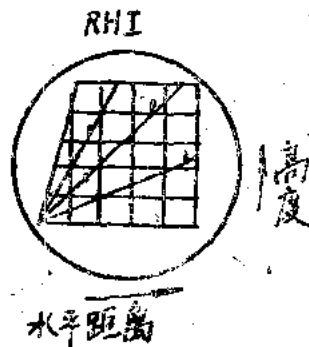


图 1-16

以扫描线的水平分量代表水平距离，垂直分量代表高度，这种显示器称为距离高度显示器（图1-16）。扫描线作扇形扫描，其位置与天线波束的仰角位置对应。目标的高度通常要比它的距离小得多，所以高度比例尺可以比距离比例尺大得多，为了简单起见，常以斜距代替水平距离。由于两个坐标轴比例尺不同，目标相对位置发生很大畸变。

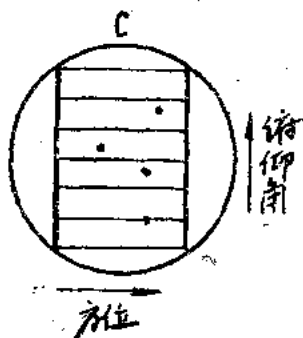


图 1-17

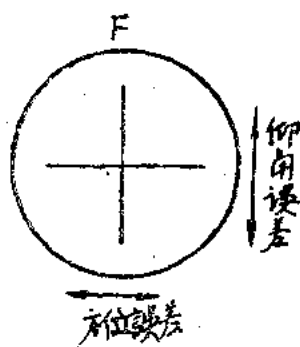


图 1-18

以水平方向扫描线显示方位，扫描线在垂直方向上与天线波束的俯仰角同步移动，其纵坐标显示俯仰角，这种称为 C 型显示器（图 1-17）。这种显示器本身不能区分同一方位上的各个目标，所以必须依靠其他显示器来帮助。

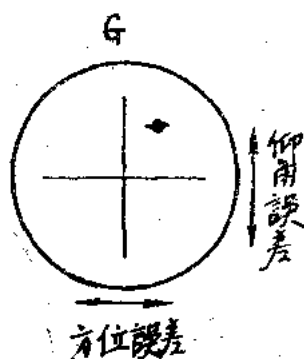


图 1-19

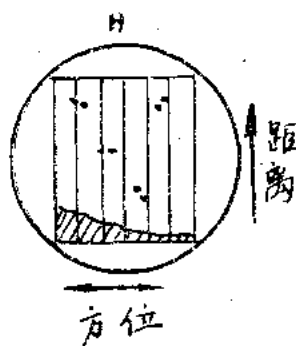


图 1-20

另有两种特殊的显示器叫做 F 型和 G 型。他们都没有扫描，任务是指出天线的方位误差和俯仰角误差，在天线方向准确时，屏上亮点（不是回波）落到坐标原点，否则落到原点以外，角误差的正负决定于亮点所在的象限。G 型（图 1-19）与 F 型（图 1-18）的区别，仅在于亮点长出两只翅膀。目标愈近，两只翅膀愈长。

除 F 型和 G 型外，所有二度空间和三度空间的显示器都用长余辉示波管。

（三）三度空间显示器

要在二度空间的平面上显示三度空间内的目标是困难的，但粗略的显示第三座标的办法还不止一种。

图 1-20 所示为 H 型显示器，它与 B 型一样以横坐标显示方位，纵坐标显示距离，不过每一目标显示为相邻两点，当目标在雷达站之上（下）时，右边一点比左边一点来得高（低），高出（低了）多少，大致与俯仰成正比，当目标与雷达站在同一平面时，左右两点看齐。

还有 D 型和 I 型显示器可以显示三个座标，由于缺点很多，实际上无人采用，所以此处

不作介紹。

三度空間顯示器在實際應用中很少見到，本課程以後不再作詳細介紹了。以後，我們將把一度空間和二度空間顯示器分為距離顯示器、環視顯示器、直角座標顯示器進行詳細的研究。

§ 3 顯示器的組成部分

上一節我們已經討論過了各種顯示器的畫面圖形，關於如何得到這些畫面圖形將在以後各章中作詳細討論，這裡我們只用最簡單的顯示器——A型顯示器為例，說明顯示器要包括那些部分。

A型顯示器的畫面圖形如圖1-3所示，它有一條和時間成正比例的掃描綫，發射脈沖位於綫的左端，產生這種圖形的方框圖如圖1-21所示。

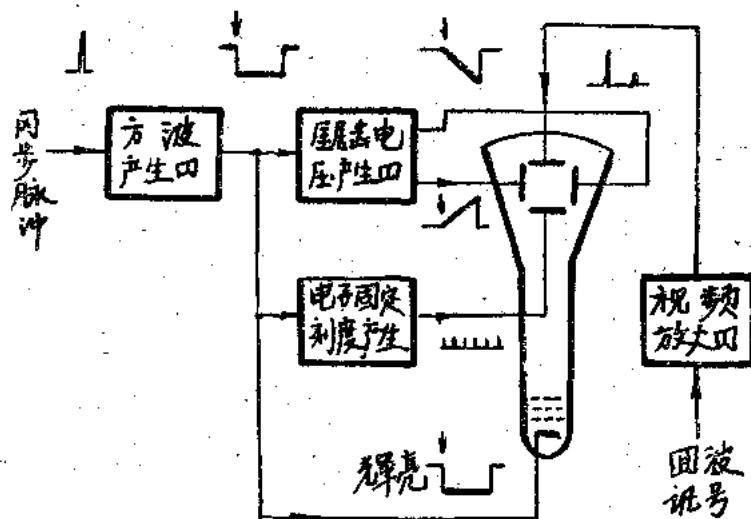


圖 1-21

從發射機調制器送來一觸發脈沖加到方波發生器，使它產生一個和發射脈沖同步的方波。這個方波一方面加到示波管陰極（負方波）或柵極（正方波）作為輝亮信號（輝亮信號的作用，是使位於掃描綫回掃過程中的目標不出現在螢光屏上以免造成錯誤），另一方面它作為開關去控制鋸齒電壓產生器，使產生一對推挽的鋸齒電壓加到示波管的水平偏轉板作為掃描。當用固定電子刻度測距時，方波產生器的方波還用來控制固定電子刻度產生器，產生一串電子刻度，加到示波管的垂直偏轉板。而接收機輸出的回波信號經過視頻放大後加到另一塊垂直偏轉板上。

方波發生器的電路可以用單穩態多諧振蕩器，固定電子刻度產生器的電路通常為振鈴電路和削波微分電路，所有這些電路在脈沖技術里已有詳細的分析。

圖1-22所示是A型顯示器的各點波形圖，其中a——觸發脈沖，b——負方波（作為輝亮，控制鋸齒電壓產生器和固定電子刻度產生器用），c——振鈴電路所產生的正弦振蕩，d——正弦振蕩經削波後成為方波，e——方波微分後的脈沖，作為刻度用，f——鋸齒掃描電壓。

總的來說顯示器的組成部分，一共有五部分，即

- ①示波管及其附属电位器或线圈（聚焦线圈和偏转线圈）；
- ②扫描系统（在环视显示器等显示器中，除距离扫描外，还有角度扫描）；
- ③刻度系统（在环视显示器等显示器中，除距离刻度外，还有角度刻度及其他刻度）；
- ④视频放大器；
- ⑤电源。

距离扫描和距离刻度系统都由一些脉冲电路组成，这两部分必须严格同步。角扫描牵涉到天线的角数据的传送，需要一些特殊元件。视频放大器有的归接收机，有的归显示器，回波若经电缆传送，则须显示器的视频放大器加以放大。电源在显示器机柜内或在外。

上述五个部分中，尤以扫描系统和刻度系统为显示器的主要部分。

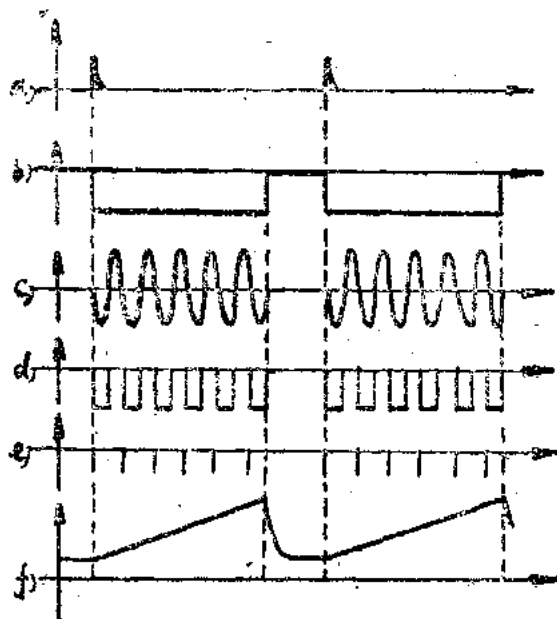


图 1-32

§ 4 雷达站对显示器的要求

雷达站根据战略战术的要求对显示器也提出了一定的要求，主要的有以下几点：

- （一）测量目标的坐标参数和坐标数目：如目标的斜距、方位角、仰角、高度等等，及目标的一个、两个或三个坐标等等；
- （二）探测范围：即要求显示器显示多大距离及方位角等范围的目标；
- （三）测量坐标的准确度：如显示器测得目标距离读数与目标真实距离的误差，目标方位角读数与真实方位角的误差等等；
- （四）分辨率：即显示器分辨两个邻近目标的能力；
- （五）测读速度、方便程度、与其它系统配合使用的关系等等；
- （六）其它：如工作条件（环境温度 and 湿度，振动冲击条件等等），体积重量等等。

设计显示器的任务就在于根据上述要求合理地选择显示器的类型，进行电路和结构的设计，以保证质量高，使用和维修方便简单，经济。

§ 5 显示器的发展概况

雷达显示器是随着雷达站的发展而发展的。随着军事上对雷达站的要求增多,显示器的类型也增多。1935年较原始的警戒雷达出现时,只有A型显示器。至第二次世界大战后期,雷达设备有了迅速的发展,前面所述各种类型显示器(如J型、环视显示器等)才象雨后春笋般地发展起来。

战后至今,由于各种军事武器有了飞速发展,对显示器又提出更多更严格的要求,在显示技术方面也相应地有了很大的发展。一是雷达目标座标的数据变换技术,它使雷达与数字计算机相配合,以便进行自动测量和自动控制其它武器(如高射炮、导弹等)。另一是符号显示技术,它使指挥员能在显示器的荧光屏上更全面地掌握作战双方每个目标的情况(如敌和我、距离、方位、高度、航速、航向、机号等)。这两个新技术据报导已经运用于军事上,近来各国都在大力进行研究。除此以外还有立体显示、彩色显示,高精度高鉴别力的显示技术,以及为缩小体积减少重量的各种方法等等。本书介绍的新技术主要是数据变换。关于符号显示和其它新技术将在另一本补充教材中讲述。

第二章 示波管

§ 1 概 述

雷达显示器用示波管来显示目标，所以在讨论显示器的线路和结构之前，先把示波管的原理和性质加以说明。

示波管又叫阴极射线管，雷达中常用的是静电式和磁式示波管（图 2-1）。在静电示波管中，电子束的聚焦和偏转作用都是由管内电极之间的电场来完成的，而在磁式示波管中，是由装在管外的线圈所产生的磁场来完成的。还有所谓混合式示波管，它是用静电聚焦，而用磁场偏转；或者用磁场聚焦，而用静电偏转。混合式示波管在雷达显示器中应用极少。

每一个示波管都是由电子枪、聚焦系统、偏转系统和荧光屏四部分组成。

磁式示波管的电子枪由阴极、控制栅极和阳极所组成，阳极通常是涂在管内壁的金属层（或石墨层）。在大多数情况下，阳极电压决定电子射到荧光屏的最终速度，它的电位通常比阴极高几千伏特。控制栅极使从阴极放射的电子束第一次聚焦，并控制电子注的电流强度，控制栅极的电位通常较阴极电位为低。电子枪类似普通三极管，只是用内部有小孔的，

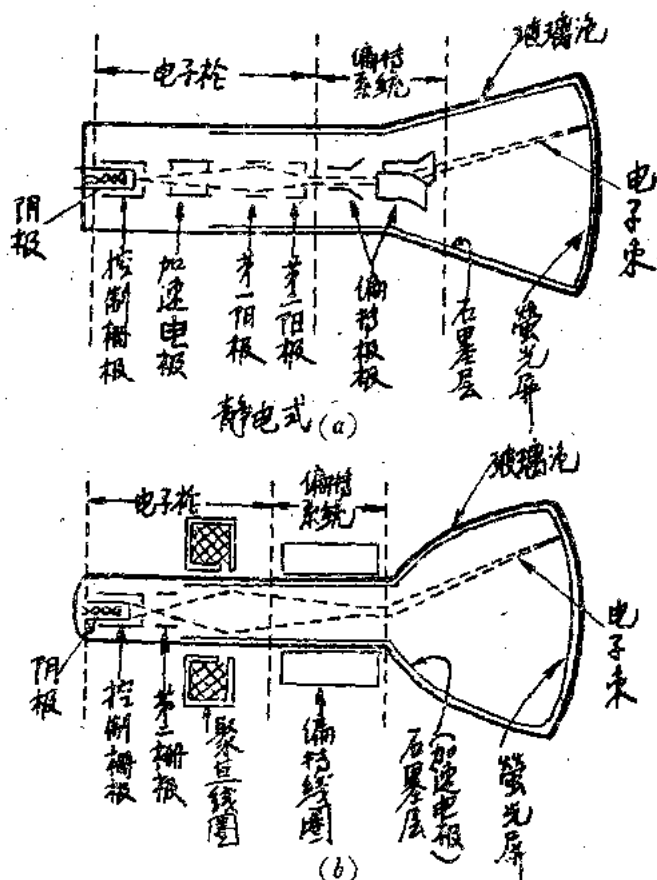


图 2-1

圍住陰極的圓筒來代替網狀柵極。這種電子槍稱為三極式的電子槍。在雷達顯示器中還常用四極式的電子槍，這時在柵極和陽極之間還有一個第二柵極，它的作用和普通四極管的柵極一樣，起屏蔽作用，使陽極電壓的變化對電子束強度影響減小。

聚焦綫圈產生和示波管軸對稱而大致平行的磁場，使所有離開軸的電子軌迹彎曲而指向一點。調節聚焦綫圈中的電流，使這個收斂點位於螢光屏上。

偏轉綫圈產生垂直於管軸的磁場，它使電子束離開軸綫產生偏轉，其偏轉角和綫圈內流過的電流有關。

靜電示波管的電子槍和磁式的相似，這種電子槍是和由兩個圓筒電極組成的聚焦系統有機地聯繫在一起的。這兩個圓筒稱為第一和第二陽極。第一陽極電壓比陰極約高幾百伏特，第二陽極和管內壁的金屬層（或石墨層）相連接，它的電位約比陰極高幾千伏特。控制柵極和第一陽極之間形成的電場使電子注預先聚焦，然後再射入第一和第二陽極之間形成的聚焦場。這個場使電子注縮成很窄的電子束而射向螢光屏。調節第一陽極電壓可以得到良好的聚焦。

在第二陽極後面有兩對偏轉板，水平偏轉板和垂直偏轉板。信號加到偏轉板上，在偏轉板之間形成與管軸垂直的電場，使電子束離開管軸而偏轉。

靜電示波管的電子槍也有四極管式的。

當螢光屏的尺寸和加速電壓的數值一定時，磁式示波管的聚焦好，亮度大；同時磁式示波管的長度比靜電示波管的短得多。但靜電示波管聚焦和偏轉所需的功率很小，它的聚焦系統和偏轉系統的體積都很小，所需的電路也比較簡單，而且在有些雷達顯示器中磁式示波管的应用還受到限制。因此這兩種示波管在雷達顯示器中的应用都很廣泛。

§ 2 電子槍

示波管電子槍的主要任務是使陰極放射的電子收縮成很細的電子束而到達螢光屏，這個任務總是經過電子兩次會聚完成的。第一次是由三極管系統造成的。焦點在陰極附近，會聚後又發散，到了聚焦系統再來第二次會聚，這次的焦點是在螢光屏上（圖2-2）。為了減弱束內電子的互相排斥，在電子束聚焦於螢光屏以前，最好讓電子與電子之間分得開一些。這就是說圖2-2上的 r 角應當大一些才好。十分顯然，兩次會聚可以加大 r 角。

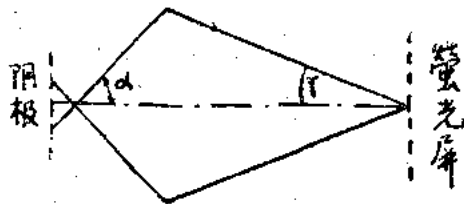


圖 2-2

為使焦點恰恰落在螢光屏上，聚焦電場和聚焦磁場必須適當調節，前者依靠第一陽極電位的調節，後者依靠聚焦綫圈電流的調節。

（一）靜電聚焦系統

可以證明，如果各個電子的軸向速度都相同，而且它們都離軸不太遠，則所有電子都可以聚集到一點去。因此射入聚焦電場前電子注的散射角（即圖2-2的 α 角）不能太大，否則就不能滿足上述的兩個條件。但這樣會使電子之間的排斥力增加（ r 不能很大）而使聚焦質量稍有降低。

實際上，對於靜電式聚焦的示波管來說，只由控制柵極的作用而得到的電子注的散射角還嫌太大，為了提高聚焦質量必須在第一陽極的圓筒里面放一個或幾個電子柵，以限制電子注的散射角。