

701 测风雷达原理和维修

空軍雷达学校气象雷达教学組

气象出版社

内 容 简 介

本书系统地讲述了 701 测风雷达的工作原理和维护修理等方面的基本知识。全书共分十四章。第一章简要地介绍了 701 雷达的工作概貌；第二章至第十章对 701 雷达各部分的工作原理、实际电路和测量都做了详细讨论；第十一章主要介绍整机联系；第十二章介绍 701 雷达的架设、拆收和标定；第十三章和第十四章介绍雷达的维护和检修知识；书末还附有 701 雷达故障参考资料、图册资料和元件符号表。

本书内容通俗易懂，可供从事气象雷达的机务、教学和生产人员阅读。

701 测风雷达原理和维修

空军雷达学校气象雷达教学组

*

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路 46 号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

*

1980 年 12 月第一版

1980 年 12 月第一次印刷

开本：787×1092 1/16

印张：15

印数：1—4,500

字数：240,000

统一书号：13194·0010

定价：1.70 元

前 言

本书开始编于 1972 年。1977 年根据编者的教学体会和一些雷达站的使用经验，曾作过一次修改。这次正式出版，又经许国仁，叶安健两位同志作了必要的修改、补充和校订。本书对原理阐述力求文字通俗、简明易懂、概念明确、重点突出。在测调维修方面，侧重于介绍雷达的检修方法，并附有实例，因此适合于从事气象雷达实际工作的同志自学和维修时参考。

由于编者学识有限，本书虽几经校订，但不妥和错误恐仍难免，至盼读者多提意见，以便改正。

空军雷达学校气象雷达教学组

目 录

第一章 701 雷达概述	(1)
§ 1 701 雷达的用途和基本工作原理	(1)
§ 2 701 雷达的组成及其作用	(3)
§ 3 701 雷达的性能	(7)
§ 4 701 雷达的使用	(7)
第二章 发射机	(10)
§ 1 概述	(10)
§ 2 调制器	(10)
§ 3 振荡器	(14)
§ 4 发射机电源	(16)
§ 5 发射机的结构和检查、调整	(17)
第三章 天线传输线系统	(21)
§ 1 概述	(21)
§ 2 天线系统	(22)
§ 3 传输线系统	(23)
第四章 天线传动系统	(32)
第五章 接收机	(34)
§ 1 概述	(34)
§ 2 高频放大器	(37)
§ 3 变频电路	(40)
§ 4 中频放大器	(43)
§ 5 检波器	(44)
§ 6 视频放大器及阴随器	(45)
§ 7 主波抑制电路	(45)
§ 8 自动增益控制电路	(47)
§ 9 音频放大电路	(49)
§ 10 接收机的检查与调整	(51)
第六章 定时器	(53)
§ 1 概述	(53)
§ 2 晶体振荡器和分频电路	(57)
§ 3 发射触发脉冲电路	(62)
§ 4 粗扫触发脉冲产生电路和精扫触发脉冲产生电路	(64)
§ 5 可移脉冲产生电路	(68)
§ 6 定时器的检查与调整	(72)
第七章 测距显示器	(76)
§ 1 概述	(76)
§ 2 粗显示电路	(82)

§ 3 精显示电路·····	(85)
§ 4 信号电路·····	(87)
§ 5 检查电路·····	(88)
§ 6 测距显示器的调整和示波管的拆装·····	(90)
第八章 测角显示器和测角指示装置·····	(92)
§ 1 概述·····	(92)
§ 2 测角显示器·····	(94)
§ 3 测角指示装置·····	(101)
§ 4 测角显示器和测角指示装置的结构、检查、调整和大型元件的拆装·····	(105)
第九章 电源部·····	(109)
§ 1 概述·····	(109)
§ 2 一号电源部·····	(110)
§ 3 二号电源部·····	(114)
§ 4 电源部的检查和调整·····	(114)
第十章 测试仪表·····	(116)
§ 1 MF-5 型复用表·····	(116)
§ 2 SBM-3 型脉冲示波器·····	(121)
§ 3 功率指示器·····	(125)
§ 4 自动报分钟·····	(128)
§ 5 探空仪器·····	(130)
第十一章 整机联系·····	(142)
§ 1 配电电路及其附属电气设备·····	(142)
§ 2 各分机间的电路连接·····	(145)
第十二章 701 雷达的架设、拆收和标定·····	(146)
§ 1 雷达场地的选择·····	(146)
§ 2 雷达的架设和拆收·····	(146)
§ 3 雷达的标定·····	(148)
第十三章 701 雷达的维护·····	(152)
§ 1 雷达维护的基本方法·····	(152)
§ 2 主要元件的维护方法·····	(154)
§ 3 雷达的定期维护·····	(156)
第十四章 701 雷达的检修·····	(157)
§ 1 检修的基本知识·····	(157)
§ 2 基本电路的检修·····	(161)
§ 3 发射机的检修·····	(163)
§ 4 接收机的检修·····	(165)
§ 5 测距显示器和定时器的检修·····	(167)
§ 6 测角显示器的检修·····	(169)
§ 7 电源部的检修·····	(171)
附录一 701 雷达故障参考资料·····	(174)
附录二 701 雷达图册资料·····	(178)

第一章 701 雷达概述

§ 1 701 雷达的用途和基本工作原理

701 雷达是 701 二次测风雷达的简称,用来对高空大气进行综合性的探测。它与探空气球相配合,能测定高空的风向、风速、气温、气压、湿度等五个气象要素,为我们提供气象资料。

701 雷达是利用追踪探空气球来测风的。探空气球上带有无线电信号回答器(简称回答器)升空。工作时,701 雷达在地面向它发出“询问信号”,回答器就对应地发回“回答信号”。根据每一对询问与回答信号之间的时间间隔和回答信号的来向,就可以测定每一瞬间探空气球在空间的位置,即它离雷达站的直线距离、方位角和仰角,然后,根据气球随风飘移的情况,就可以推算出高空的风向和风速。

701 雷达的测距原理如图 1.1 所示,雷达的“询问信号”即发射脉冲,从雷达天线发射出

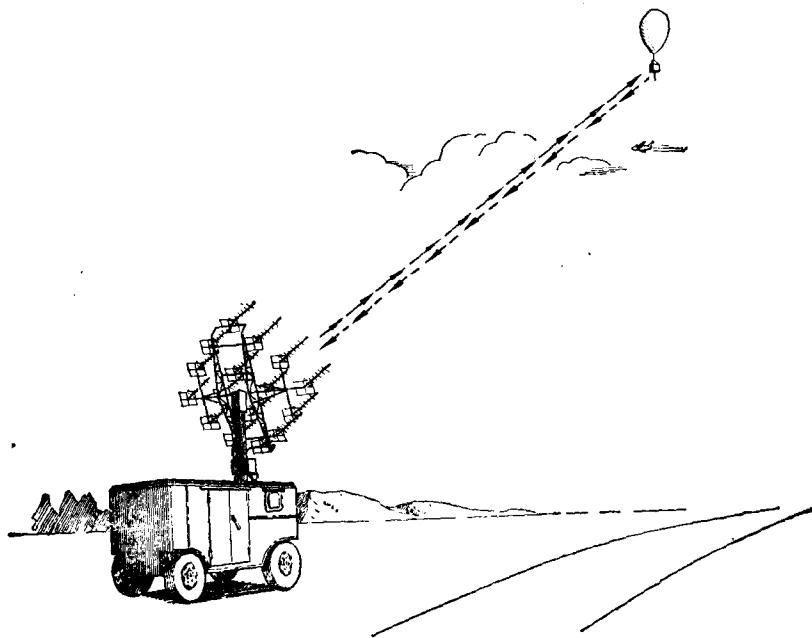


图 1.1 测距原理示意图

去,按图中箭头所指方向到达探空气球,气球上的回答器立即产生一个射频脉冲,作为回答信号发回,按原路线返回雷达站,为雷达天线所接收。只要我们知道无线电波从雷达站到气球之间的往返时间,然后用这个时间的一半去乘无线电波的传播速度,就可以求出探空气球距离雷达站的距离。假设无线电波的传播速度为 C ,测定的时间为 Δt ,则所求的距离 D ,可用下式计算:

$$D = \frac{1}{2} C \cdot \Delta t.$$

无线电波在空间传播的速度,相当于光速,即 $C = 3 \times 10^5$ 公里/秒。 Δt 通常用微秒计算 (1 微秒 $= \frac{1}{10^6}$ 秒) 即每微秒的速度为 $C = 0.15$ 公里/微秒。求得距离为:

$$D = 0.15 \cdot \Delta t.$$

若测得 $\Delta t = 133.3$ 微秒,用上式可求得

$$D = 0.15 \times 133.3 = 20 \text{ (公里)}.$$

由上面的讨论可知,测距的关键是计时;测距是否精确,取决于计时是否精确。由于要测定的时间 Δt 非常短,故用一般的计时装置是不行的。在 701 雷达中,这个计时的任务是由定时器来完成的。由定时器首先确定发射脉冲的起始时间 (即发射脉冲的前沿),再在测距显示器上测定目标回波的前沿,然后,测出两者的时间差数,这个时间差数就是需要测定的 Δt 。根据测定的 Δt ,可直接表示出回波的距离来。

701 雷达所追踪的目标是有源的,故称二次雷达;而一般雷达是无源的,是靠目标反射电波进行测距的。不管所追踪的目标有源还是无源其测距原理是相同的。

701 雷达是根据天线波瓣偏扫的原理,用等信号法进行测角的。所谓天线波瓣,是天线方向性的一种表示方式,如图 1.2 所示的花瓣状图形就是天线的波瓣。

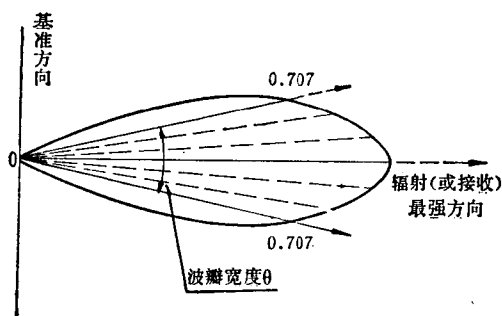


图 1.2 天线的波瓣

从天线即从波瓣的原点 0 出发,可以引出许多射线,每根射线与基准方向之间的夹角就代表不同的方向;每根射线在波瓣上的交点距原点 0 的长度,则代表天线辐射 (接收也一样) 无线电波的强度。雷达天线通常都有很强的方向性,用波瓣图表示,就象图 1.2 所示,只有一个方向上辐射 (接收) 的无线电波最强,偏离这个方向,则逐渐减弱直到等于零。天线的方向性,也可以用波瓣宽度来表示。在波瓣图上,天线辐射 (接收) 无线

电波的强度等于最大强度 70% 时,两个方向间的夹角就是波瓣宽度,如图中的 θ 。701 雷达的垂直波瓣宽度 $\leq 10^\circ$, 水平波瓣宽度 $\leq 11.5^\circ$ 。

701 雷达有上、下、左、右四组天线,由换相器控制,按上、右、下、左、顺序偏扫。利用垂直面上的波瓣可以测仰角,利用水平面上的波瓣可以测方位角。测仰角和测方位角的原理一样的。下面以测方位角为例子,来说明测角原理。图 1.3 所画波瓣是天线接收信号在水平面上的波瓣。这时天线对着正东方向,而波瓣是左、右偏扫的,即最强接收方向依次偏离正东方向一个相同的角度。当探空气球正好在天线对准的方向上时,用左、右波瓣接收到的回答信号是一样强的,在测角显示器上分别显示出来的两根亮线也就一样长。如果天线没有对准目标,譬如说天线所对方向偏南或偏北了一个角度,这相当于探空气球不在正东方向,而是偏南或偏北一个角度的方向上一样,左、右波瓣接收的回答信号就不一样强,在测角显示器上两根亮线就不一般齐。701 雷达就是利用这个原理来测定目标方位角、仰角的。在实际操作中摇动天线方位手轮和仰角手轮,观察测角显示器上的四根亮线,当它们一一对

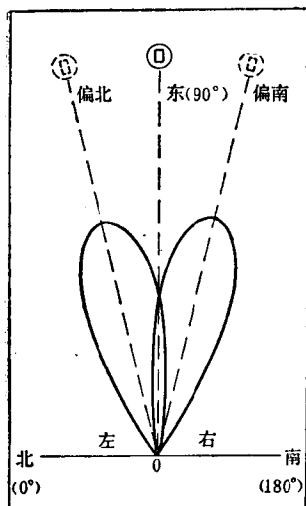


图 1.3 等信号测角原理示意图

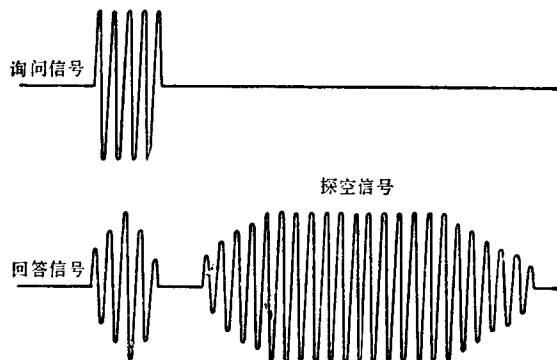


图 1.4 回答器发回的信号波形

齐(左、右对齐,上、下对齐)时,就表示天线对准了目标,这时从方位刻度盘和仰角刻度盘上就可以直接读出目标的方位角和仰角数值。

根据探空气球在空中飘移的快慢和方向,就可以推算出空中不同高度的平均风速和风向来。在实际工作中,是用标风板来求风向风速的。

空中各高度上大气的温、压、湿三个气象资料,是利用气球上携带的探空仪来完成的。探空仪由几个对温、压、湿反应灵敏的感应元件组成。这些元件随着空气中气温、气压、湿度的变化而动作,气温、气压、湿度不同,它们的动作大小也不相同。这些动作通过电码筒变换为不同的电码,然后用这些电码去控制回答器,再由回答器将电码发回地面,雷达接收机把它接收下来,送给探空员收听抄录,这样就收集了空中气温、气压、湿度三个气象要素。图 1.4 画出了回答器发回地面的信号波形,前面的窄脉冲是对应于雷达询问脉冲的回答信号,紧接在回答信号后面的宽脉冲就是探空信号,它的重复频率在 400—800 周之间;经接收机把它变换为音频后,能够用耳机听出来。

§ 2 701 雷达的组成及其作用

图 1.5 是 701 雷达的外形,除天线部分架于拖车顶上外,其余各组成部分都分装在拖车车厢里的两个机柜上。发射机是一个单独的机柜,其外形如图 1.6 所示。接收机、定时器、测距、测角显示器等共同装在另一个分机柜内,其外形如图 1.7 所示。

701 雷达的组成及各组成部分的相互关系可用图 1.8 所示的方块图表示。图中粗线方块,表示本机的主要组成部分,共五个分机、一个系统,其名称为:发射机;天线传输线系统;接收机;定时器;测距显示器;测角显示器和测角指示装置。

下面,我们分别介绍各组成部分的作用和相互关系。

(1) 发射机 是全机的高功率源,它在定时器控制下,定时地产生高频脉冲,供给天线向空间辐射,作为对探空气球的“询问信号”。

发射机输出的高频脉冲先要通过“1 号仪表柜”。1 号仪表柜内装有定向耦合器和功率

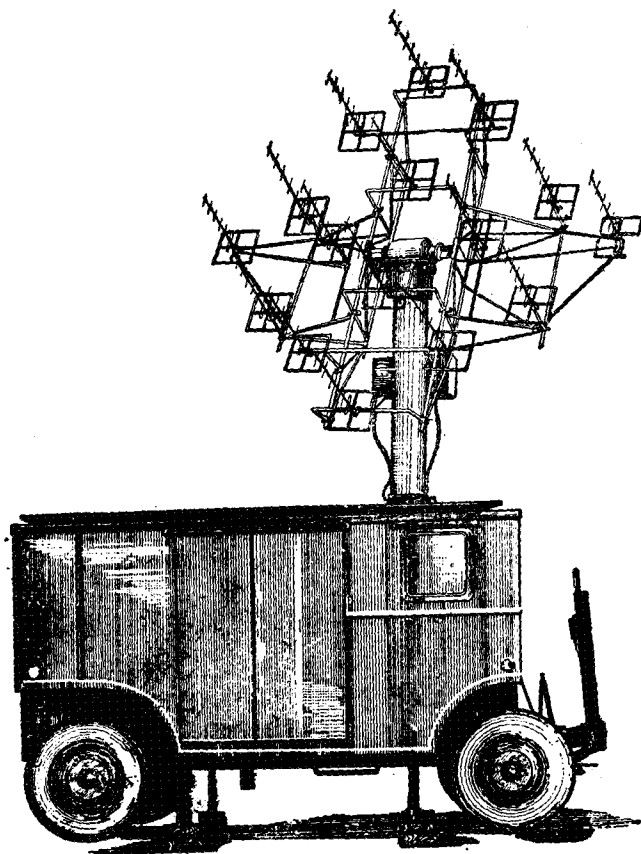


图 1.5 701 雷达外形

指示器，可以用来检查发射机和传输线系统的工作情况。

(2) 天线传输线系统 它用来将发射机产生的高频电磁能有效地传输到天线，并由天线向空间定向辐射；将回答器发回的“回答信号”和“探空信号”(统称回波)由天线接收下来，并有效地传输到接收机。

天线部分由 16 根结构和性能完全相同的引向天线组成，分上、下、左、右四组，由天线传动装置控制，作方位转动和上下俯仰。天线换相器用来使天线波瓣按上、右、下、左的顺序偏扫。高频旋转关节的作用是完成高频能量在可动和不可动传输装置之间的有效耦合。收发开关的作用是使天线在辐射时，不接收；在接收时，不辐射。避免发射机与接收机相互影响。

(3) 接收机 接收机的任务是把接收

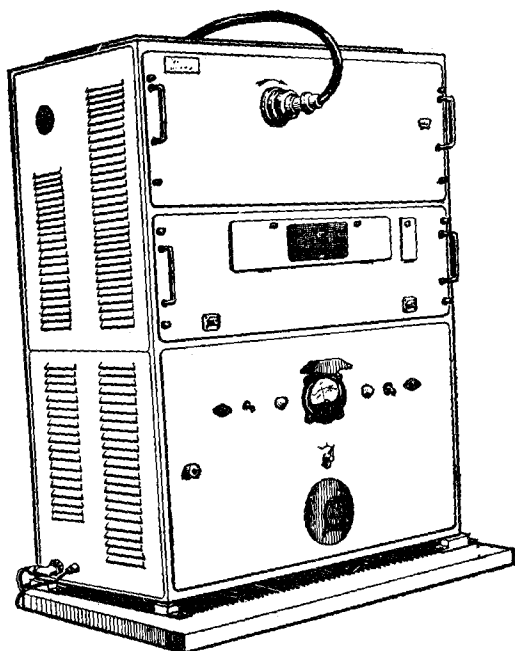


图 1.6 发射机柜外形

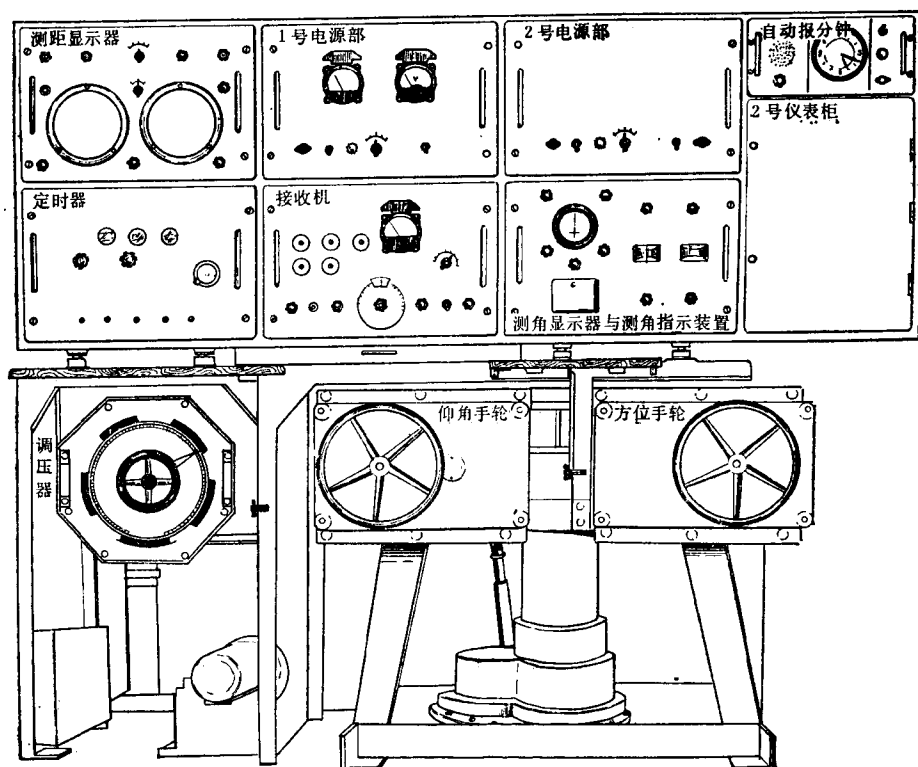


图 1.7 分机柜外形

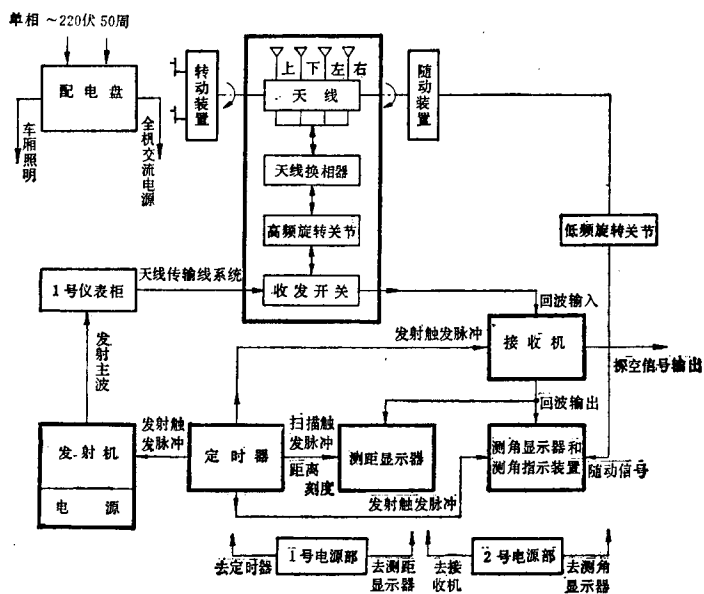


图 1.8 701 雷达组成方块图

到的回波加以变频、放大、检波,然后送到测距、测角显示器显示出来;另外,还要把回波中的探空信号单独选出来,供雷达操纵员和探空员收听。

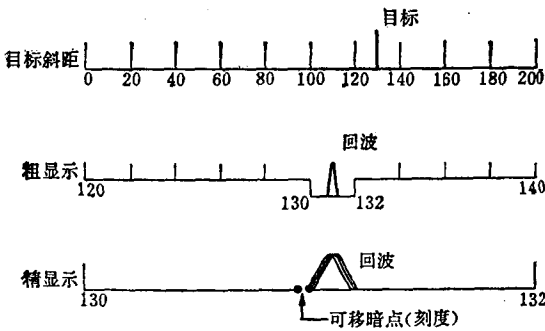


图 1.9 测距显示器工作时的情形

(4) 测距显示器 用来显示回波和测量目标与雷达站之间的斜距。为了提高测距精确度,用两只示波管分别担任距离粗显示和距离精显示。粗显示是分段显示,每段 20 公里。精显示则将粗示波管上显示的距离取一小段(2 公里)进行显示。具体关系如图 1.9 所示。图中以目标离雷达站 131 公里为例,表明了粗显示和精显示的具体情形。图中粗示波管的基线显示的是 120—140 公里一段,精示波管显示的是 130—132 公里一段。

测距显示器量程的转换是由定时器的两个波段开关控制的,目标的距离读数,也是从定时器上读出。例如上例的 131 公里,是从“距离粗档”读出“120”,“距离精档”读出“10”,从“精测刻度盘”读出尾数“1000”米,即 1 公里,三者相加为 131 公里。

(5) 测角显示器和测角指示装置 用来测定探空气球的方位角和仰角数据,由显示和读数两部分组成。

显示部分是测角显示器,它用示波管荧光屏上四根亮线的形式来表示目标对准了没有,当左边的两条亮线等长时,就表示天线仰角已对准了目标;当右边两条亮线等长时,就表示天线方位已对准了目标。当四条亮线都相等时,表示天线完全对准了目标。

读数部分是由八只同步机、两个方位刻度盘、两个仰角刻度盘组成的测角指示装置。当天线作方位角转动和上下俯仰时,同步发送机也一起工作,并把它产生的信号送到同步接收机,使同步接收机带着刻度盘也跟随天线转动。从刻度盘上就可以读出天线的方位角和仰角度数。为了提高测角的精确度,方位角度盘和仰角度盘都有“粗”、“精”两个,粗读数盘指示 10° 整倍的角度数,而精读数盘则指示 10° 以下的角度尾数。

(6) 定时器 定时器是全机工作的控制中心,其基本任务是测定时间。它产生各种脉冲去控制其它几个分机,使全机协调一致地工作。它供给发射机触发脉冲,控制发射机工作;供给接收机与测角显示器触发脉冲,用来抑制主波和近距离的地物回波;供给测距显示器扫描触发脉冲;还供给测距显示器以各种距离刻度,作为测量距离的标准。

(7) 电源及其他附属设备 全机电源为单相、50 周、220 伏交流电。可用市电或配发的汽油发电机供电。车厢照明可用交流电 ~ 6.3 伏或配发的蓄电池 + 6 伏供电。这些都通过装在车厢壁上的“配电盘”控制。

各主要分机所需的直流工作电压和交流灯丝电压,由每个整流电源供应。除发射机有本身单独的整流电源外,其他分机都由“1 号电源”和“2 号电源”供电。“1 号电源”和“2 号电源”都是单独的分机结构,和接收机、定时器等都装在同一个机柜内。测距显示器、定时器由“1 号电源”供电;接收机、测角显示器由“2 号电源”供电。“2 号电源”面板上还装有“马达开关”,以控制天线换相器、天线随动装置中各同步机的交流电源。此外,701 雷达还装置有“自动报分钟”,配发有“探空检查仪”,“SBM-3 型脉冲示波器”,“MF-5 型复用表”等仪

表。除脉冲示波器外,各配发仪表分别放置在“2号”和“3号”仪表柜内。

§ 3 701 雷达的性能

雷达的性能,是用一些数据来表明的。我们必须熟悉这些数据(见表 1.1),才能在使用和维修中做到心中有“数”。

表 1.1

项 目	数 据
工作频率	400±5 兆周
脉冲重复频率	1875 周或 1500 周, 重复周期 533 微秒或 667 微秒
脉冲宽度	1±0.2 微秒
脉冲峰值功率	大于 20 千瓦
波瓣宽度	垂直波瓣≤10° 水平波瓣≤11.5°
作用距离	最大 150—200 公里 最小 不大于 300 米
测距精度	斜距误差不大于 80 米
探测高度	25—30 公里 (取决于气球的性能)
测角范围	方位角: 不受限制。 仰 角: 俯仰范围-0.3°—+90°
测角精度	方位角、仰角 (在 8° 以上时) 误差不大于 0.15°
工作条件	连续工作时间 6 小时; 八级风时仍能工作, 全机消耗功率不大于 3 千瓦

从上表所列数据可以看出,701 雷达的性能有以下几个特点:

① 工作频率比较高,工作波长为 0.75 米,属于分米波波段。这有利于缩小天线尺寸,减轻天线重量。

② 重复频率比较高,有利于加强回波浓度,减小脉冲峰值功率。按重复频率计算,701 雷达的最大作用距离应该只有 80 公里或 100 公里。由于本机所追踪的气球是从雷达站离开的,所以仍可以把探测距离扩大到 150—200 公里。

③ 脉冲峰值功率(是指发射脉冲持续期间的最大瞬时功率)小,只有 20 千瓦,比一般雷达小得多,可节省电力。这是二次雷达的一大优点。

④ 脉冲宽度比较窄,天线波瓣也比较窄,再加上采用了等信号测角方法,所以 701 雷达的测距、测角精度比较高。

⑤ 抗风能力比较强,即使地面出现八级大风,仍可正常工作。

但是 701 雷达也存在不足之处,如天线转动装置用手摇,不能迅速准确地追踪目标,特别是当气球过顶时,仰角大,方位变化大,难以追踪上;测距、测角、算风等要多人分工,不利于节省人力。

§ 4 701 雷达的使用

① 开机

(1) 开机前要检查全机各分机的“开关”、“旋钮”是否放在下面的位置:电源开关都在

“关”的位置;电源调压器手轮旋在中间位置;发射机高压调压器手轮反时针旋到底;测距、测角显示器上的“辉度”旋钮,反时针旋到底;定时器粗、精距离度盘都放在“0”档。

(2) 开配电盘上“电源”及车厢侧壁“机柜通风”(天冷可不开)开关,旋转调压器手轮,使“1号电源”面板上交流电压指示为220伏,并经常注意保持此读数。

(3) 开发射机的“低压”开关,开“1号电源”和“2号电源”面板上的电源开关,相应的指示灯应发亮。

(4) 开“2号电源”上“马达”开关,右旋自动报分钟音量旋钮,接通电源,并上好报分钟发条。

(5) 右旋测距、测角显示器面板上的“辉度”旋钮,使荧光屏上出现亮点和亮线。适当调整“聚焦”、“上下”、“左右”旋钮,使测距显示器荧光屏上的基线在中间位置并保持清晰;使测角显示器上的四个亮点聚焦良好。

(6) 发射机低压接通3分钟后,开“1号电源”面板上的“发射高压”开关和发射机上“高压”开关。电表指示放在“高压”位置,旋转高压调压器手柄,使电表指示超过 $20\mu\text{A}$,但不要超过红线。

② 关机

(1) 将高压调压器手柄反时针旋到底,关发射机面板上的“高压”开关和“1号电源”面板上“发射高压”开关。

(2) 把测距、测角显示器上的“辉度”旋钮,反时针旋到底,关“1号电源”、“2号电源”面板上的“电源”开关。

(3) 停转自动报分钟。

(4) 把天线仰角摇到 90° 位置(雨天可停在 90° 以下位置)、方位角摇到 0° 位置,关掉“2号电源”面板上的“马达”开关。

(5) 关发射机“低压”开关。如在热天或长时间工作后,应等2分钟时间关“低压”,让吹风马达继续给发射管吹风,以加快散热。

(6) 把调压器手轮旋到中间位置。

(7) 关“机柜通风”开关和配电盘“电源”开关。

③ 使用中要注意的几个问题

(1) 测角显示器上的信号强度,应保持四条亮线的长度在20—30毫米左右,不能过大,也不能过小。过大了要发生饱和,无法定向;过小了,影响测角精度。

(2) 测距显示器上的信号强度,应使它达到饱和,这样便于看清回答脉冲陡直的前沿,提高测距精度。

(3) 主波抑制旋钮的位置,在开始放球时,应使测角显示器上刚好能抑制掉主波;随着气球的飞出,应逐渐加宽抑制波门,直到最大(旋钮顺时针旋到底)。

(4) 发射机高压,在放球前应调到电表指示为 $20\mu\text{A}$ 左右(以收发开关放电管全部打火为原则),放球时,应暂时关掉“1号电源”面板上的“发射高压”开关,待追踪到气球时再打开。气球飞出一定距离后,应升高发射高压,电表指示不超过红线,一般调到 $60\mu\text{A}$ 。

(5) 本振调谐旋钮,在工作过程中应经常调整。因为回答器的发射频率由于受电池降压、气温、气压等变化的影响,是经常变化的。

(6) 要防止假定向。前面介绍过的天线波瓣只有主波瓣,那是理想情况。实际上还有

边波瓣。目标被主波瓣定向叫真定向，被边波瓣定向叫假定向，如图 1.10 中所示。假定向时，雷达探测距离大大缩短，而且发生非常大的测角误差，必须予以防止。在工作中可用下述办法判断真假定向：从测角显示器上的亮线长度看信号强弱，假定向时信号弱，亮线长度约为真定向时的 $\frac{1}{6}$ 以下；摇动天线方位(或仰角)手轮，看对仰角(或方位)波瓣接收信号的影响，真定向时影响小，假定向时影响很大。

(7) 放球前要观察好近地面的风向风速，以便在开机时把天线仰角摇到适当位置(如三级风时，可放在 40° 左右，风越大，仰角应越低)并把天线方位对准下风方向，要对气球施放后的初始运动轨迹做到心中有数，以保证追踪气球的连续性。

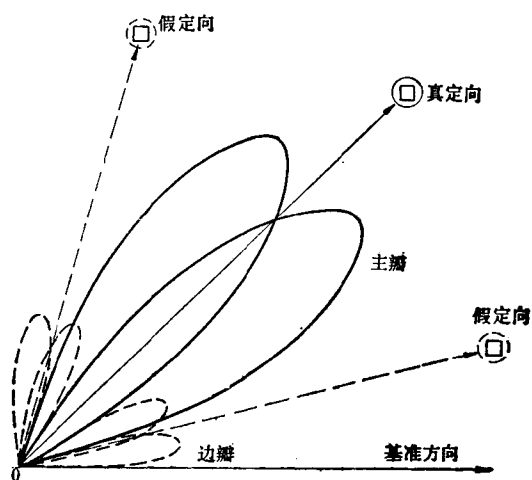


图 1.10 目标的真假定向

第二章 发 射 机

§ 1 概 述

发射机在定时器送来的触发脉冲触发下,产生高频发射脉冲,经天线辐射出去,作为探空的“询问信号”。

发射机的主要技术指标:高频振荡频率(即工作频率)为 400 ± 5 兆周;脉冲宽度为 1 ± 0.2 微秒;脉冲重复频率为 1875 周或 1500 周;脉冲峰值功率 ≥ 20 千瓦。

由发射机的主要技术指标可知,发射机主要解决的问题有两个:(1)产生功率 ≥ 20 千瓦,频率为 400 兆周的高频振荡;(2)高频振荡应是脉冲式的,除脉冲重复频率受定时器控制外,1 微秒的脉冲宽度要由发射机本身解决。为了解决前一个问题,需要有一个高频振荡器;为了解决后一个问题,需要有一个脉冲调制器。下面就根据这两个要解决的问题讨论发射机的组成和概略工作过程。

发射机由调制器(包括脉冲形成器和脉冲放大器)、振荡器、电源三部分组成(见图 2.1)。调制器在定时器送来的触发脉冲触发下,产生重复频率为 1875 周或 1500 周、宽度为

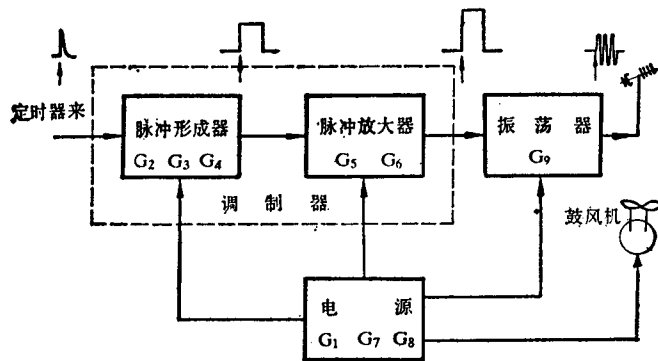


图 2.1 发射机组成方块图

1 微秒、幅度 ≥ 6.5 千伏、峰值功率 ≥ 40 千瓦的调制脉冲,去控制振荡器的工作。

振荡器在调制脉冲作用下,产生 400 兆周的高频振荡脉冲,经传输线送至天线向空间辐射,作为探空“询问信号”。

电源部供给本分机所需直流电压和交流灯丝电压,同时也供给鼓风机 220 伏交流电压。

§ 2 调 制 器

调制器由脉冲形成器和脉冲放大器两部分组成。脉冲形成器用来形成宽度为 1 微秒、幅度大于 1 千伏的脉冲;脉冲放大器用来放大脉冲形成器送来的脉冲,使脉冲幅度 ≥ 6.5 千

伏,峰值功率 ≥ 40 千瓦。

脉冲形成器由四部分电路组成(见图 2.2)。下面分别介绍它们的电路、工作原理和元件作用。

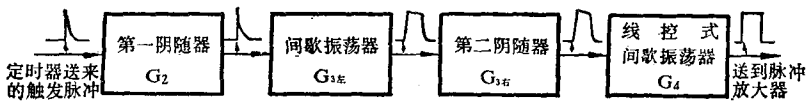


图 2.2 脉冲形成器方块图

第一阴随器由电子管 G_2 等元件组成,具体电路见附录二中发射机电路图。

从定时器送来的正触发脉冲,经电容器 C_3 和电阻 R_6 耦合到电子管 G_2 的栅极,从阴极电阻 R_7 上输出,再去触发间歇振荡器。我们知道阴随器是没有放大作用的,为什么还要加它呢?这是因为从定时器输出的发射触发脉冲,经过了一段很长的同轴线,而同轴线是与定时器输出级已经匹配好了的,如果把它直接接在间歇振荡器的栅极上,由于间歇振荡器的输入阻抗很小,相当于在同轴线末端(对定时器输出触发脉冲而言),并联了一个很小的阻抗,这样就破坏了同轴线与定时器输出级的匹配,会使触发脉冲减小;加了阴随器后(把同轴线接在阴随器输入端),因阴随器的输入阻抗很大,这样就不会影响同轴线与定时器输出级的匹配;同时,阴随器的输出阻抗比较小,也便于和间歇振荡器的栅级相连。总的来说,阴随器在这里起隔离作用。

电路中电容器 C_4 是阳极旁路电容,对触发脉冲来说,相当于阳极接地;电阻 R_9 是和间歇振荡器共用的阳极降压电阻。

间歇振荡器在发射触发脉冲触发下,产生幅度大于 200 伏的脉冲,送到线控式间歇振荡器作为触发脉冲。

由电子管 $G_{3左}$ 和脉冲变压器 B_4 等元件组成外激式间歇振荡器,如图 2.3 所示。脉冲变压器的绕组“1、8”为初级线圈,串接在阳极回路中;绕组“2、7”为次级线圈,串接在栅极回路中;绕组“3、6”为输出线圈。变压器中的圆点表示相同的极性。(同名端)

下面结合图 2.4 简要说明外激式间歇振荡器的工作过程。

触发脉冲未加入前(t_1 以前):由于电子管 $G_{3左}$ 栅极接有一 10 伏电压,此负压低于电子管 $G_{3左}$ 的截止值(约 -8 伏),因此电子管 $G_{3左}$ 处于截止状态。此时栅压等于 -10 伏,阳压低于 +250 伏(因第一阴随器导电,在 R_9 上要产生降压)。

触发脉冲加入时(t_1 瞬间):电子管 $G_{3左}$ 栅压突然上升并高于截止值而开始导电。 $G_{3左}$ 导电以后,由于脉冲变压器的很强的正回授作用,在电路中迅速产生积累过程,使阳流突然增大,阳压突然下降,栅压突然升高,同时也出现了很大的栅流。此栅流向电容器 C_5 、 C_6 充电;充电回路是:脉冲变压器次级绕组“2”端 $\rightarrow$ 电容器 C_6 $\rightarrow$ $G_{3左}$ 栅极到阴极 $\rightarrow$ 电阻 R_7 $\rightarrow$ 电容器 C_5 $\rightarrow$ 脉冲变压器次级绕组“7”端。电容器 C_5 、 C_6 充电的结果,会使栅压逐渐下降,当栅压下降到某一数值时(例如 t_2 瞬间的数值),栅压的继续下降,电路工作会发生质的变化,此时,阳流会显著减小。阳流减小后,电路立即产生与 t_1 瞬间相反的积累过程,而使栅压迅速下降,并低于截止值,电子管 $G_{3左}$ 又重新处于截止状态。

t_2 以后,电容器 C_5 、 C_6 串连放电,放电回路是:电容器 C_5 正端 $\rightarrow$ 电阻 R_7 $\rightarrow$ 地 $\rightarrow$ -10

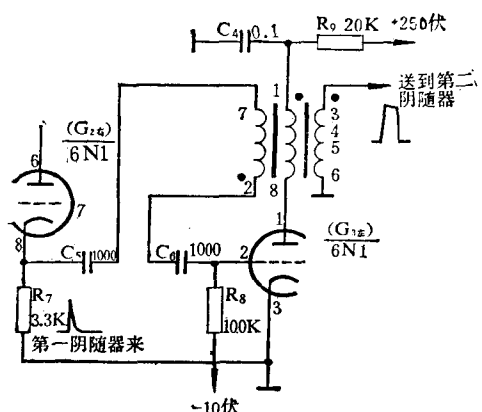


图 2.3 间歇振荡器电路

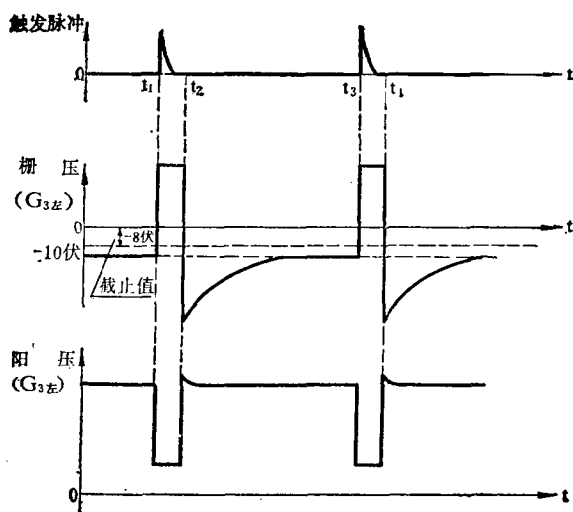


图 2.4 间歇振荡器波形图

伏电源(电阻 R_{36})→电阻 R_8 →电容器 C_6 负端。(脉冲变压器绕组“2、7”对放电电流来讲相当于短路)。由于放电时间常数很大,所以 C_5 、 C_6 放电很慢,最后放到 $G_{3左}$ 栅压等于-10 伏电压为止。等下一个触发脉冲再送来,电路又产生一次振荡。

从以上讨论可以看出,间歇振荡器在触发脉冲触发下,从栅极产生的正脉冲和阳极产生的负脉冲,它们的重复频率是和触发脉冲相同的,但脉冲宽度决定于间歇振荡器电路本身的元件,主要是电容器 C_5 、 C_6 的大小。 C_5 、 C_6 越大,脉冲宽度越宽; C_5 、 C_6 越小,脉冲宽度越窄。

从脉冲变压器绕组“3、6”两端,输出一个幅度大于 200 伏的正脉冲,经第二阴随器后,加到线控式间歇振荡器的栅级。

第二阴随器也是起隔离作用。因间歇振荡器的输出阻抗大,线控式间歇振荡器的输入阻抗小,也不便于直接相连,这里也用阴随器将它们隔离开。第二阴随器电路也见发射机电路图,它由电子管 G_{34} 等元件组成,图中电阻 R_{10} 是阴极输出电阻。

线控式间歇振荡器与普通间歇振荡器的区别, 在于决定间歇振荡器产生脉冲宽度的元件不同, 普通间歇振荡器是由电容来决定, 而线控式间歇振荡器是由仿真线来决定。

线控式间歇振荡器由电子管 G_4 、脉冲变压器 B_5 和仿真线等元件组成,如图 2.5 所示。图中仿真线每节电容为 100 微微法,每节电感为 164 微亨,特性阻抗 $Z_0=1.3 K_0$ 。为了使输出的脉冲幅度大,电子管采用了高电压大电流的双集射四极管 FU-29,并联运用。仿真线接在栅极回路中。

下面结合图 2.6 说明线控式间歇振荡器的工作过程。

触发脉冲未加入前(t_1 以前): 由于电子管 G_4 栅极接 -120 伏电压, 此负压低于电子管 G_4 的截止值, 所以 G_4 处于截止状态。这时栅压等于 -120 伏, 阳压等于 $+1200$ 伏。同时, 仿真线被 -120 伏电源充电, 各电容器上的电压约等于 -120 伏(上正下负), 其充电回路是: -120 伏电源正端(地) $\rightarrow$ 电阻 $R_{10} \rightarrow$ 仿真线“1”端 $\rightarrow$ 电容器 $C_7 - C_{10} \rightarrow$ 仿真线“2”端 $\rightarrow$ 脉冲变压器 B_5 次级绕组“8、3” $\rightarrow$ 电阻 $R_{12} \rightarrow -120$ 伏电源负端。